



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Grado en Ingeniería Mecánica

EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENTABILIDAD ECONÓMICA DE MEDIDAS PASIVAS DE ACONDICIONAMIENTO DE EDIFICIOS

José Antonio Torres Diáñez

22/06/2016



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Grado en Ingeniería Mecánica

EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENTABILIDAD ECONÓMICA DE MEDIDAS PASIVAS DE ACONDICIONAMIENTO DE EDIFICIOS

DEPARTAMENTO: Máquina y Motores Térmicos

DIRECTOR DEL PROYECTO: Álvaro Ruíz Pardo

AUTOR DEL PROYECTO: José Antonio Torres Diáñez

Cádiz, **22/06/2016**

Fdo.: José Antonio Torres Diáñez

Fdo.: Álvaro Ruiz Pardo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mis padres la educación que me han proporcionado y el apoyo siempre recibido por su parte, sin los cuales nada de lo que soy hoy hubiera sido posible. A mis hermanos y amigos por parte de los cuales siempre he recibido la ayuda que he necesitado, y a la Universidad de Cádiz. Terminar, no sin olvidar la labor del departamento de Máquinas y Motores Térmicos, y el director de este proyecto, Álvaro Ruíz Pardo, y el codirector Francisco José Sánchez de la Flor

INDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA	7
1.1 OBJETIVOS	7
1.2 ALCANCE.....	7
1.3 ANTECEDENTES	8
1.4 LA SITUACIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL.....	8
1.4.1 Introducción	8
1.4.2 Energía limpia.....	8
1.4.3 El cambio climático.....	9
1.4.4 Problemas y soluciones	10
1.4.5 La eficiencia energética como factor importante	11
1.4.6 El sector eléctrico	11
1.4.7 Demanda y consumo de energía.....	12
1.5 TÉCNICAS PASIVAS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO	15
1.5.1 Calefacción pasiva: muro Solar y Trombe	18
1.5.2 Refrigeración pasiva: Fachada ventilada y conductos enterrados.....	22
1.6 CÁLCULOS, JUSTIFICACIÓN Y RESULTADOS.....	26
1.6.1 Muro solar	26
1.6.2 Muro Trombe	35
1.6.3 Fachada ventilada	43
1.6.4 Intercambiadores tierra-aire	46
1.7 COMBINACIONES DE SISTEMAS PASIVOS	56
1.7.1 Invierno	57
1.7.2 Verano	61
1.7.3 Comparativa invierno.....	69
1.7.4 Comparativa verano	70
1.8 MEDIDAS A INSTALAR EN EL EDIFICIO.....	71
1.8.1 Conductos enterrados.....	72
1.8.2 Fachadas este y oeste	72
1.8.3 Fachada sur	72

1.8.4	Balance energético edificio tras la aplicación de todas las medidas a instalar...	74
DOCUMENTO Nº 2: ANEXOS		77
2.1	ANEXO 1. SITUACIÓN DE LA FINCA Y COMPOSICIÓN DE LA VIVIENDA.....	77
2.1.1	Contenedores marítimos.....	78
2.1.2	Pasos a seguir para el uso del contenedor marítimo	78
2.1.3	Preparación del suelo.....	78
2.1.4	Estructura módulo de alojamiento	79
2.1.5	Distribución interior módulo de alojamiento.....	81
2.2	ANEXO 2. VIDRIOS MURO SOLAR Y TROMBE.....	81
2.3	ANEXO 3. COMPOSICIÓN MUROS INTERIORES.....	83
2.4	ANEXO 4. ESPESOR Y ALTURA DE LA CÁMARA.....	87
2.5	ANEXO 5. SIMULADOR SIHNOR.....	87
2.6	ANEXO 6. FICHA TÉCNICA SENSOR TEMPERATURA TROMBE	90
2.7	ANEXO 7. FICHA TÉCNICA COMPUERTAS REGULACIÓN TROMBE	102
2.8	ANEXO 8. FICHA TÉCNICA PANEL FIBROCEMENTO	105
2.9	ANEXO 9. FICHA TÉCNICA VENTILADOR.....	107
2.10	ANEXO 10. FICHA TÉCNICA COMPUERTA CIRCULAR CONDUCTOS ENTERRADOS....	111
2.11	ANEXO 11. FICHA TÉCNICA SENSOR HUMEDAD Y TEMPERATURA PARA CONDUCTOS	112
2.12	ANEXO 12. FICHA TÉCNICA KIT EQUIPO DE PULVERIZACIÓN DE AGUA.....	121
2.13	ANEXO 13. FICHA TÉCNICA PERSIANA ALUMINIO TÉRMICO R-45	123
DOCUMENTO Nº3: PLANOS		125
DOCUMENTO Nº 4: PLIEGO DE CONDICIONES		134
DOCUMENTO Nº5: PRESUPUESTO.....		135
NORMAS, REFERENCIAS Y PROGRAMAS INFORMÁTICOS.....		139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.4.1.....	12
Ilustración 1.4.2.....	12
Ilustración 1.5.1.....	12
Ilustración 1.5.2.....	21
Ilustración 1.5.3.....	22
Ilustración 1.5.4.....	23
Ilustración 1.5.5.....	23
Ilustración 1.5.6.....	24
Ilustración 1.5.7.....	25
Ilustración 1.6.1.....	35
Ilustración 1.6.2.....	38
Ilustración 1.6.3.....	39
Ilustración 1.6.4.....	49
Ilustración 1.7.1.....	58
Ilustración 1.7.2.....	59
Ilustración 1.7.3.....	60
Ilustración 1.7.4.....	62
Ilustración 1.7.5.....	64
Ilustración 1.7.6.....	66
Ilustración 1.7.7.....	68
Ilustración 1.8.1.....	73
Ilustración 1.8.2.....	74
Ilustración 2.1.1.....	77
Ilustración 2.1.2.....	79
Ilustración 2.1.3.....	80
Ilustración 2.1.4.....	80
Ilustración 2.1.5.....	81
Ilustración 2.3.2.....	85
Ilustración 2.3.3.....	85
Ilustración 2.5.1.....	88

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.6.1	5
Gráfica 1.6.2	31
Gráfica 1.6.3	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 1.6.4	34
Gráfica 1.6.5	41
Gráfica 1.6.6	45
Gráfica 1.6.7	50
Gráfica 1.6.8	51
Gráfica 1.6.9	51
Gráfica 1.6.10	52
Gráfica 1.6.11	54
Gráfica 1.6.12	55
Gráfica 1.6.13	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.6.1	27
Tabla 1.6.2	32
Tabla 1.6.3	40
Tabla 1.6.4	42
Tabla 1.6.5	44
Tabla 1.6.6	48
Tabla 1.7.1	70
Tabla 1.7.2	71
Tabla 2.3.1	84
Tabla 2.3.2	84
Tabla 2.3.3	86

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.6.1	29
Ecuación 1.6.2	47
Ecuación 1.6.3	47
Ecuación 2.2.1	82

ABREVIATURAS

TWh → Tera-vatio hora

GW → Giga-vatio

GWh → Giga-vatio hora

KWh → kilo-vatio hora

USD → United States Dollar (Dollar estadounidense)

OCDE → Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos

Mtep → Mega-Tonelada Equivalente de Petróleo

Ktep → Kilotoneladas equivalente de petróleo

GNL → Gas Natural Licuado

COP → Coefficient of Performance (Coeficiente de Operatividad)

EPDM → Caucho Etileno-Propileno-Dieno

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente proyecto es el de la implementación de medidas pasivas de acondicionamiento en edificios, aunque con características especiales. Las medidas se montarán en módulos de alojamiento, realizados como resultado del reciclaje de contenedores de transporte de mercancías de barcos. Se quiere conseguir el confort térmico durante todo el año sin necesidad de uso de métodos convencionales de acondicionamiento térmico si fuera posible o el ahorro máximo energéticamente hablando solo con medidas pasivas de acondicionamiento térmico.

Para la consecución de este objetivo, además la implementación, estudio y evaluación de las medidas y casos aplicables más convenientes se han combinado dichas medidas para potenciar los resultados.

Siendo cada vez más importante el ahorro y la eficiencia energética, este proyecto surge como solución al acondicionamiento térmico de edificios con gran demanda energética para su tamaño básicamente por su composición.

1.2 ALCANCE

Debido a que este es un proyecto de investigación, el capítulo alcance hará referencia a la evolución de los estudios y los resultados obtenidos y el punto donde se culminará. Siendo este el máximo energético que puede captar el módulo de alojamiento con las medidas pasivas en concepto de acondicionamiento térmico.

El proyecto implementará tantas medidas y combinaciones de medidas como sean necesarias y posibles para así suplir la demanda energética del edificio en concepto de acondicionamiento térmico.

El presente proyecto será de aplicación en módulos de alojamiento como los descritos en el Anexo 1, u viviendas similares instaladas en la provincia de Cádiz.

Véase el capítulo 8 de este documento, puesto que por el desarrollo de la lectura se ha considerado más conveniente situarlo en dicha ubicación.

1.3 ANTECEDENTES

Actualmente los sistemas de acondicionamiento térmico convencionales tienen como fuente de alimentación la electricidad, la cual es utilizada para modificar las condiciones del aire para adecuarlas a las necesidades humanas. Esto supone un gasto energético de gran relevancia, datos que se muestran en los capítulos siguientes. Véase los capítulos 4 y 5 de este documento, que por el desarrollo de la lectura se ha considerado más conveniente situarlo en dicha ubicación.

1.4 LA SITUACIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL

En primer lugar se propone una visión general del panorama energético del planeta, aportándose datos, actuales y anteriores, además de exponer los rumbos que se seguirán en esta materia y los tratados y promesas internacionales encaminadas a una mejorar todos los aspectos relacionados con este sector y la sostenibilidad del planeta.

1.4.1 Introducción

Este proyecto se pone en marcha como una respuesta más a una necesidad en un aumento del ahorro y la eficiencia de la energía en todos los sectores, en este caso se propondrá una solución para aplicar estos términos en edificios, uno de los mayores consumidores de energía junto con el transporte y la industria¹.

Los edificios son el sector que más energía consume en el mundo, representan más de un tercio de la energía del consumo total de energía final y una fuente de producción de dióxido de carbono igualmente importante.

La eficiencia energética es una manera de gestionar y limitar el consumo de energía. Algo es más eficiente si se ofrece más servicios para la misma entrada de energía o los mismos servicios por menos consumo de energía².

1.4.2 Energía limpia

El mundo necesita una revolución de energía limpia para así poder romper con la dependencia de los combustibles fósiles. Esta revolución mejoraría la seguridad energética global, promovería un crecimiento económico duradero y daría solución a los problemas ambientales como el cambio climático³.

La seguridad energética queda definida por la Agencia Internacional de la energía como “la disponibilidad ininterrumpida de las fuentes de energía a un precio asequible”. Esta seguridad energética tiene dos facetas claramente diferenciadas, una a largo plazo, que se encarga de las inversiones necesarias para suministrar energía en línea con la evolución económica y las necesidades ambientales sostenibles, y otra a corto plazo que está lista para reaccionar ante repentinos cambios de oferta y demanda⁴.

Aunque se han hecho grandes progresos en el desarrollo de tecnologías de energía limpia en los últimos años, los casos de éxito se ven opacados por la creciente demanda de combustibles fósiles, que están superando el despliegue de tecnologías de energía limpia. El carbón ha cumplido el 47% de la nueva demanda de electricidad mundial desde el cambio de siglo, eclipsando los esfuerzos de energía limpia realizadas en el mismo período de tiempo, que incluye la mejora de la aplicación de medidas de eficiencia energética y el rápido crecimiento en el uso de fuentes de energías renovables.

Hay una necesidad urgente de acelerar el desarrollo de tecnologías energéticas bajas en carbono con el fin de hacer frente a los desafíos globales de la seguridad energética, el cambio climático y el crecimiento económico. Este desafío fue reconocido por los ministros de los países del G-8 en su reunión de junio de 2008 en Aomori, Japón, donde declararon su deseo por preparar planes de trabajo para avanzar en la tecnología de energía innovadora.

Para lograr este ambicioso objetivo, se están desarrollando una serie de planes de trabajo a nivel mundial de tecnologías de energía baja en carbono. El objetivo general es promover el desarrollo global y la adopción de tecnologías clave para alcanzar una reducción del 50% de las emisiones de CO₂ para el año 2050. Los planes de trabajo a identificar acciones prioritarias para los gobiernos, la industria, los socios financieros y la sociedad civil que fomenten el desarrollo tecnológico y captación para lograr las metas internacionales sobre el cambio climático⁵.

En diciembre de 2015 se llega a un acuerdo histórico en esta materia, un total de 195 países firman con el objetivo de que la temperatura media del planeta no supere los 1.5 grados a final de siglo. Este acuerdo tiene dimensiones muy superiores a los acuerdos propuestos anteriormente ya que nunca se habían reunido tantos países para tratar este fin con resultados como los obtenidos⁶.

1.4.3 El cambio climático

A continuación se definen algunos términos cuya comprensión mostrará la necesidad de aplicación de medidas ahorro y eficiencia energética, tanto a escala mundial como local.

Uno de ellos es el cambio climático que es, básicamente, la variación global del clima de la Tierra. Es debido a causas naturales y también a la acción del hombre y se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. El término "efecto de invernadero" se refiere es la retención del calor del Sol en la atmósfera de la Tierra por parte de una capa de gases en la atmósfera. Sin ellos la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el planeta sería demasiado frío. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, que son liberados por la industria, la agricultura y la combustión de combustibles fósiles. El mundo industrializado ha conseguido que la concentración de estos gases haya aumentado un 30% desde el siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones.

Las elevadas concentraciones de estos gases hacen que se intensifique el efecto invernadero produciendo así el fenómeno llamado "Calentamiento global" que en realidad se puede decir que es un sobrecalentamiento del planeta.

En la actualidad existe un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos⁷.

1.4.4 Problemas y soluciones

Además, se sabe que el mundo necesitará un suministro mucho mayor de energía en los próximos 20 años, además la electricidad generada deberá ser en su mayoría limpia. De 2000 a 2010 la demanda de energía primaria mundial creció un 26%, y para 2020 se prevé que crezca menos (un 20% con la situación planteada por las políticas actuales, y no tan bajo en otras situaciones). El crecimiento previsto para 2035 es del 45% con las políticas actuales y el 33% en un escenario más moderado. El crecimiento de la demanda de electricidad es alrededor del doble en cada caso. La demanda de electricidad casi se duplicó desde 1990 hasta 2011, y se prevé que crezca un 81% desde 2011 hasta 2035 (de 19.004TWh (Tera-vatios hora) a 34.454TWh), en la situación que plantean las políticas actuales, y el 69% (a 32.150TWh) en el escenario de las Nuevas Políticas. El aumento de esta demanda es más dramático en Asia, que proyecta un promedio 4.0% o 3.6% por año, hasta 2035. Actualmente unos dos mil millones de personas no tienen acceso a la electricidad, y es una prioridad abordar este problema⁸.

Estos datos junto a situaciones actuales hacen que el sistema energético mundial corra el peligro de no colmar las esperanzas y expectativas puestas en él. La seguridad energética se ve amenazada por la agitación en algunas partes de Oriente Medio (gran fuente de petróleo de bajo coste), la cual está en uno de los peores momentos recordados. El conflicto entre Rusia y Ucrania ha dado motivos para la preocupación sobre la seguridad del suministro de gas. La energía nuclear, que es fundamental para la seguridad energética de muchos países se enfrenta a un futuro incierto. Además, el punto de partida para las negociaciones climáticas, no es muy alentador, ya que hay un incremento continuo en las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental resulta asfixiante en muchas de las ciudades de más rápido crecimiento del mundo.

Los avances tecnológicos y la eficiencia son motivos para el optimismo, pero son esenciales los esfuerzos políticos constantes para cambiar a mejor las tendencias energéticas. La tensión propiciada sería mucho mayor si no se estuviera avanzando cada vez más en materia de eficiencia e innovación para reducir el coste de las nuevas tecnologías energéticas, aunque aún queda un largo camino por delante, ya que las tendencias energéticas mundiales no son sencillas de cambiar y las preocupaciones sobre la seguridad y la sostenibilidad del suministro de energía no se resolverán por sí solas. Los responsables del diseño de políticas energéticas, la industria y otras partes interesadas, deben actuar.

En nuestro escenario, el crecimiento de la demanda mundial disminuye notablemente, desde las más de un 2% anual durante las dos últimas décadas, hasta un 1% anual después de 2025; esto es posible gracias a los efectos de los precios como a los de las políticas, así como de un cambio de la economía mundial hacia los servicios y los sectores industriales más ligeros. La distribución mundial de la demanda de energía va a cambiar más profundamente, con un uso de la energía básicamente estable en gran parte de Europa, Japón, Corea y Norteamérica, y un consumo creciente concentrado en el resto de Asia (el 60% del total mundial), África, Oriente Medio y América Latina.

La seguridad energética se sostiene y seguirá sosteniendo en un futuro cercano sobre cuatro pilares como son el petróleo, el gas natural, el carbón y fuentes de bajas emisiones de CO₂.

El panorama a corto plazo de un mercado petrolífero bien suministrado no debe ocultar los desafíos relacionados con la creciente dependencia de un número de productores relativamente pequeño.

La demanda de gas natural aumentará más de la mitad, lo que constituye el ritmo de crecimiento más rápido entre los combustibles fósiles, y el comercio mundial de gas natural licuado (GNL), cada vez más flexible, constituirá una protección contra el riesgo de interrupción del suministro.

Aunque el carbón es abundante y su suministro seguro, su uso futuro estará limitado por las medidas para luchar contra la contaminación y reducir las emisiones de CO₂.

1.4.5 La eficiencia energética como factor importante

La eficiencia energética es una herramienta fundamental para aliviar la presión del suministro de energía y puede mitigar en parte los impactos en la competitividad de las disparidades de precios entre regiones⁹.

La eficiencia se está convirtiendo en un foco de atención normativo en muchos países, estando en primera línea el transporte, aunque cada vez más se va extendiendo a otros sectores. Lo cierto es que la normativa en cuanto a eficiencia energética en transporte es mucho más rígida que por ejemplo en edificios, sector en el que se está normalizando cada vez más y sobre el que se ha querido aplicar soluciones mediante este proyecto. Claramente la eficiencia energética proporciona un beneficio continuo reduciendo el coste de las importaciones de energía, los impactos medioambientales y disminuyendo los desperdicios de esta que tan necesarios son ahora y en el panorama mundial en un futuro.

1.4.6 El sector eléctrico

La electricidad es la forma final de energía de más rápido crecimiento, y sin embargo el sector eléctrico contribuye más que ningún otro a reducir la proporción de los combustibles fósiles.

Será preciso construir unos 7200 giga-vatios (GW) de capacidad para avanzar al mismo ritmo que la creciente demanda de electricidad, reemplazando al mismo tiempo las centrales eléctricas existentes cuyo cierre está previsto hasta 2040 (en torno al 40% del parque actual).

Las tecnologías renovables, elemento crítico del pilar de bajas emisiones de CO₂ dentro del suministro de energía mundial, están ganando terreno rápidamente, apoyadas por subvenciones, que en 2013 ascendieron a 120 000 millones USD (United States Dollar) en todo el mundo. Con rápidas reducciones de costes y un apoyo continuo, las renovables representarán casi la mitad del incremento de la generación eléctrica mundial hasta 2040¹⁰.

Y es que esta creciente demanda de la que se ha hablado anteriormente experimentará un aumento de 2/3 entre 2013 y 2040, con tasas anuales de crecimiento del 2.2% por mayores niveles de electrificación en la industria y en edificios.

Los países que no son de la OCED (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) absorben el grueso de la nueva demanda, liderados por China (36%) e India (13%). Hay que destacar que el 40% de las nuevas plantas de generación se crearán en China (1300GW) y en la India¹¹.

Estos hechos hacen que sea más que necesario tener en consideración el ahorro y buen uso de la electricidad producida para así poder llegar a estos valores estimados sin necesidad de una sobreproducción.

1.4.7 Demanda y consumo de energía

En los gráficos 1.4.1 y 1.4.2 se pueden observar de donde provienen las energías consumidas en el mundo y en qué proporción, además de la distribución de consumo mundial de energía según los mayores consumidores en la actualidad.

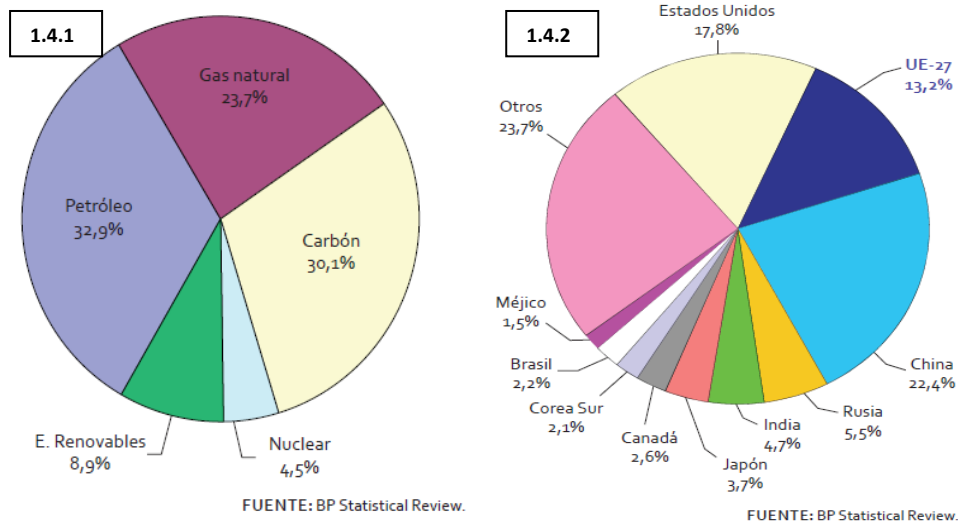


Ilustración 1.4.1. Consumo mundial de energía en 2012-12730 MTEP.

Ilustración 1.4.2. Distribución del consumo mundial de energía en 2013-12730 MTEP.

Se pueden dividir los sectores consumidores en tres grandes grupos, como son la industria, el transporte y otros usos diversos entre los que incluimos los edificios tanto públicos como privados, y sectores como la pesca o la agricultura.

Se ha realizado un estudio de los datos en España de estos distintos sectores, cuanta energía consumen y de donde procede esa energía con usos meramente energéticos entre los años 1990 y 2013.

El sector de la industria española tiene cinco ramas que acaparan el 76.4% desde el punto de vista energético, y estas son, los minerales no metálicos, la metalurgia, la química, la alimentación, bebidas y tabaco y pasta y papel.

El carbón en esta industria ha sufrido un importante descenso de 3786 ktep (kilotoneladas equivalentes de petróleo) hasta 1566 ktep con fluctuaciones, pero se puede ver el notable descenso de esta fuente energética reducido prácticamente a la mitad en este sector.

El petróleo sufre también un acusado descenso de 5775 ktep hasta 2680 ktep pero esta fluctuando con valores similares hasta 2008, dándose una bajada de uso de este recurso muy acusada en los 5 años siguientes que coinciden con la crisis económica.

Los gases en cambio sufren un gran incremento debido casi exclusivamente al gas natural, de 3399 ktep en 1990 hasta 9034 ktep en 2013, aunque en 2005 se da el mayor pico con 13284 ktep. A partir de esta fecha va decreciendo debido a la crisis aunque a partir de 2010 comienza a incrementarse hasta el valor anteriormente indicado gradualmente.

Las energías renovables que inicialmente solo consumían 1836 ktep, en su mayoría proveniente de la biomasa, se mantiene hasta 2013 en este sector prácticamente constante con un leve descenso quedándose en 1452 ktep.

En cuanto al consumo de energía eléctrica este sector pasa de consumir 5442 ktep a 6042 ktep aunque tiene su pico en 8500 ktep aproximadamente en 2008, cuando comienza a descender hasta este último valor.

El sector del transporte, con un 40% de consumo de energía final en 2012, se mantiene como el primer sector consumidor por encima de la industria y el resto de sectores. Sin embargo, se sigue observando un descenso de la demanda de este sector desde que se inició la crisis en 2008, habiendo disminuido a una tasa del 4.7% en el periodo de 2008-2012.

El carbón no ha tenido representación alguna en este sector durante estos años ya que es una fuente de energía obsoleta en este sector.

No obstante el petróleo, era y sigue siendo una fuente de energía fundamental en este sector, consumiendo 21987 ktep en 1990, y 30431 ktep en 2013, aunque su mayor pico lo tiene en 2007 cuando se consumían 41398 ktep. A partir de este año y causado por la crisis se experimenta un acusado descenso como anteriormente se mencionaba, ya que este sector tiene como motor principal esta fuente de energía.

Los gases no se utilizaban en este sector y en la actualidad se están comenzando a usar aunque con una mínima representación en el consumo de estos, consumiéndose 120 ktep en 2013 procedentes de esta fuente de energía.

Las energías renovables en 1990 no eran consumidas por este sector, poco a poco y gracias a los biocarburantes en 2012 se consumieron 2127 ktep, siendo una fuente más que ayuda a saciar la creciente demanda energética.

La energía eléctrica no ha sufrido prácticamente variación en este intervalo de tiempo en este sector, leves oscilaciones, pero nada significativo se mantiene en un consumo de entre 200-400 ktep.

Por último **los sectores** denominados, de “**usos diversos**”, han ido cobrando una importancia creciente en relación con su participación en la demanda energética global. A ello contribuyen las demandas de los sectores servicios y residencial, quienes conjuntamente consumen el 88,1% del consumo total de este sector.

Este es un punto importante ya que este proyecto está centrado en medidas que ahorren en esta parte de este sector la cual se muestra tiene un consumo importante.

El carbón experimenta un leve descenso de 398 ktep a 136 ktep en 2013 aunque esto ocurre en dos etapas, en una se da un descenso hasta el año 2000 de aproximadamente 240 ktep, valor en torno al que oscila hasta 2008, cuando se da la segunda en la que experimenta un progresivo descenso hasta la cifra anteriormente citada.

El petróleo en este sector en esta etapa, si solo nos ciñésemos a los valores de ktep entre un 1990 y 2013, podríamos afirmar que no han variado el consumo lo más mínimo, aunque lo cierto es que han sufrido un ascenso hasta los 8000 ktep hasta 2008, y a partir del año de comienzo de la crisis, se han reducido hasta el valor que tenía en 1990 aproximadamente 5991 ktep.

De los gases como fuente de energía sí que han aumentado su consumo considerablemente, es cierto, que en un principio había un mayor número de consumo de otros gases que no fueran el gas natural que en la actualidad, ya que ahora el sector consume exclusivamente este último, pero aun así esta fuente de energía ha experimentado una gran evolución.

En 1990 se consumían apenas 830 ktep, mientras que en 2013 este valor se ha incrementado a 5630 ktep en su totalidad debido al consumo de gas natural.

En cuanto a las energías renovables, en 1990 se consumían 2077 ktep casi en su totalidad procedentes de la biomasa y en 2013, 2932 ktep gracias a las aportaciones de nuevas tecnologías aunque los mayores aportes los sigue realizando la biomasa.

Sin olvidar la energía eléctrica que en este sector casi se ha triplicado el consumo experimentando un gran crecimiento año por año, pasando de 5061 ktep a 135645 ktep en 2013¹².

Dentro de este sector los mayores consumidores son los anteriormente mencionado sector servicios y el sector hogares-residencial.

En el sector servicios incluye oficinas, hospitales, comercios, restaurantes y alojamiento, educación y otros servicios. Aunque este sector consume de todas las fuentes de energía, lo cierto es que los mayores consumos se producen de gas natural con 17.461 GWh y sobre todo de energía eléctrica 77.461 GWh.

El consumo final de energía del sector residencial y de los hogares para el año 2013 en España será analizado a continuación.

Este sector divide su consumo en calefacción, electrodomésticos, agua caliente sanitaria, cocina, iluminación y aire acondicionado; ordenados de mayor consumo a menor. Estos consumos se dividen a su vez, según sus usos térmicos o eléctricos siendo algunos, como el aire acondicionado consumidos casi en su totalidad según usos térmicos, y otros como por ejemplo los electrodomésticos cuyo consumo se realiza en su mayoría según usos eléctricos.

El consumo de este sector de carbón es prácticamente insignificante con 95 ktep, además su consumo ha sufrido un descenso con respecto al año anterior del 13.5%, lo cual indica su desaparición paulatina en este sector por las múltiples desventajas que presenta este combustible con respecto al cuidado del medio natural.

El consumo total de productos petrolíferos en este sector es de 2764 ktep, con un incremento del consumo con respecto al año anterior de 0.4%, valor que se está intentando reducir.

Los gases suponen 3193 ktep del consumo aunque su consumo ha caído un 9% con respecto al año anterior, esta y las dos anteriores son las energías en las que debemos reducir el consumo para lograr así un mayor ahorro y contribuir con ello al cese de las emisiones de CO₂.

Las energías renovables han contribuido al consumo de este sector con 2727 ktep, estas energías han experimentado un crecimiento del 1%, aunque la que mayor incremento ha sufrido ha sido la energía solar con un 10% de incremento con respecto al año anterior.

Por último el consumo total contribución de la energía eléctrica a este sector ha sido la más significativa con 6236 ktep, aunque sin olvidar que su consumo se ha visto reducido con respecto al año anterior en un 3.4%.

En su totalidad el sector residencial tuvo un consumo de 15015 ktep, valor que aunque se redujo con respecto al año anterior en un 3.3%, es necesario seguir reduciendo para así poder llegar a un punto de consumo más sostenible¹³.

Con este fin surge la eficiencia y el ahorro energético de edificios, base para la realización de este proyecto que persigue reducir el consumo de este sector sobre todo, en sus puntos de mayor consumo, como lo son las medidas de acondicionamiento térmico. En este caso se aplicará para una zona como es el sur de Andalucía, más concretamente la bahía de Cádiz, y se propondrán soluciones para acondicionar térmicamente pequeñas viviendas con el menor consumo energético posible, usando para ello medidas pasivas de acondicionamiento térmico, las cuales serán evaluadas para así poder aplicarlas con la finalidad de obtener el máximo rendimiento posible de ellas.

1.5 TÉCNICAS PASIVAS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

El objetivo último de la eficiencia energética en edificios es, como ya se ha dicho, reducir el consumo de energía primaria, y con ello las emisiones de CO₂ a la atmosfera debido al uso y explotación de estos. Para conseguir este objetivo, el edificio no debe ser un consumidor de energía, sino una infraestructura, capaz de generar, recibir, almacenar y distribuir energía térmica y eléctrica de forma inteligente, reduciendo el impacto energético y ambiental.

Hasta ahora el nivel de confort de los edificios estaban supeditados a los sistemas convencionales de climatización, en menor medida a los sistemas pasivos de acondicionamiento térmico y apenas se prestaba atención a la influencia de la forma arquitectónica.

Para alcanzar el objetivo perseguido es necesario más que alterar este orden, invertirlo, realizando en primer lugar un estudio climático exhaustivo, con todas las variables climáticas que afectarán a nuestro proyecto. Del análisis de estos datos debe surgir la idea principal, a partir de aquí y con un diseño como base se debe reducir la demanda energética por medio de medidas pasivas, para finalmente aplicar las menores medidas de acondicionamiento activas posibles.

En este proyecto el objetivo es que no sea necesario este último paso y que la vivienda tenga una su demanda energética para acondicionamiento térmico cubierta con el diseño de la vivienda y sobre todo con la aplicación de las medidas pasivas de acondicionamiento que serán evaluadas y combinadas para llegar así a la mejor solución posible.

Cuando se habla de demanda energética de un sistema se dice que es la energía que necesita para realizar su función. En un edificio esta demanda es la que cubre las necesidades de confort, tanto térmico, lumínico y eléctrico.

El objetivo final de la eficiencia energética no es otro que reducir el consumo de energía en edificios, luego para ello se puede, en primer lugar reducir la demanda energética (ya que es mucho más eficiente y barato reducir la demanda que aumentar el rendimiento de los equipos) y en segundo lugar intentar aumentar el rendimiento de los sistemas.

Esta demanda energética se verá afectada por el tipo de edificio, ya que no presenta la misma demanda un edificio comercial que una vivienda, además se puede decir que esta demanda depende básicamente de una serie de factores como son:

- La ubicación determina las características climáticas que influyen en él.
- Su función, ya que su uso final condiciona su demanda.
- El diseño, influye notablemente, su orientación, huecos en la fachada, tipos de materiales.
- La calidad de la construcción.
- El comportamiento del usuario que lo use.

Teniendo en cuenta estos factores, existen distintas estrategias a tener en cuenta para reducir la demanda energética de un edificio. La reducción de la demanda de calefacción, se debe reducir principalmente por medio de la mayor captación solar posible, para así poder almacenarla y distribuirla en el edificio en forma de calor.

Esta captación puede ser directa, es decir, la radiación solar penetra en el interior del edificio, o indirecta cuando entre la radiación solar y el espacio que se desea calentar se colocan elementos que almacenan y distribuyen la energía.

Para una mayor eficiencia el aislamiento térmico, es una de las medidas con mayor relación coste eficacia. Se hace necesario también, reducir las infiltraciones (flujo de aire que se genera como resultado de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del edificio a través de grietas, juntas, etc...).

Para reducir la demanda de refrigeración, la principal estrategia es evitar el sobrecalentamiento de los edificios minimizando la radiación solar incidente sobre los vidrios de fachada, ventilando y refrigerando el edificio cuando la temperatura exterior descienda, así como reduciendo las cargas internas.

Para ello es eficaz y rentable son, sin duda, las protecciones solares del hueco acristalado, con las que se reducirán las demandas energéticas de refrigeración.

Por lo tanto, el objetivo será el de captar y mantener el máximo calor posible en invierno y todo lo contrario para la estación veraniega. Esto como se ha mencionado anteriormente se suplirá en primer lugar teniendo en cuenta el diseño del edificio descrito en el anexo 1, y en segundo lugar mediante la aplicación de las medidas pasivas de acondicionamiento térmicas que se han evaluado.

Los sistemas pasivos de acondicionamiento permiten el control térmico del espacio interior de un edificio mediante el correcto uso de los distintos fenómenos naturales para llevar a cabo su funcionamiento. En este punto es donde se establece la diferencia entre los sistemas activos y pasivos, los activos también denominados sistemas convencionales de acondicionamiento son los que para realizar este control térmico usan dispositivos mecánicos, los cuales son accionados eléctricamente, además del uso de fluidos intercambiadores de calor. Los pasivos son denominados así por el aprovechamiento de los distintos procesos de transferencia de energética que se encuentran en el entorno natural.

Esta diferencia tiene una mayor trascendencia como es la mejor integración del edificio con el entorno, la importante diferencia económica existente, así como el ahorro energético producido tan necesario, tanto a nivel individual como colectivo¹⁴.

En este proyecto se han integrado tanto métodos pasivos para calentamiento del edificio, como métodos para el enfriamiento de este, con el fin de llegar a un confort térmico a lo largo de todo el año en su interior.

Los sistemas pasivos de uso en invierno evaluados serán el muro Solar y muro Trombe. Los sistemas de refrigeración evaluados serán los métodos evaporativos, y la fachada ventilada. Este último también puede tener efectos beneficiosos para calefacción ya que actúa como aislante. Para terminar los intercambiadores tierra-aire que podrían funcionar tanto en modo calefacción como en modo refrigeración cuando así sea requerido, hecho que será estudiado en este proyecto.

Otro detalle que incluiremos entre los apartados de muro solar, Trombe y fachada ventilada será la determinación de la composición del muro del edificio, por el hecho de haber sido obtenido conjuntamente con los resultados de estos tres sistemas, siendo por tanto condicionado a ellos.

Las soluciones de muro solar, Trombe y fachada ventilada son las llamadas de doble envolvente, consistente en sistemas en los que los muros tienen dos capas separadas por una cámara por la cual existe una circulación de aire. También se incluye muro Solar aunque no exista circulación de aire en su interior.

La hoja exterior para los casos de muro Solar y Trombe son vidriadas mientras que para la fachada ventilada será de un material totalmente opaco. Esta hoja funciona entonces como elemento de protección y aislante del edificio ante los agentes externos como ruidos o elementos climáticos. Para los dos primeros sistemas esta hoja evita la salida de la radiación solar incidente sobre el muro interior de la cámara, produciéndose un aprovechamiento de esta energía en forma de calor. Su uso entonces estará destinado a calefacción del edificio. Con el caso de fachada ventilada esta hoja funcionará como absorbedor de la radiación aislando el muro interior de esta, para así evitar cargas que en el caso de meses de calor serían cargas térmicas negativas, es decir calentando el muro y como consecuencia el habitáculo.

La cámara o espacio existente entre la fachada interior y exterior, excepto para el caso de muro Solar, estará dotada de ventilación ascendente, es decir, el aire entra por la parte inferior de esta para abandonar la cámara por su parte superior. Esta circulación podrá ser natural (producida gracias a la diferencia de densidades entre el aire de esta y el aire con el que esta se comunica), forzada (el aire se mueve como consecuencia de impulsión mecánica) o mixta (como resultado de la combinación de las dos circulaciones anteriores).

Estas soluciones se adaptan tanto al clima exterior, como a las necesidades del edificio por lo que constituyen sistemas inteligentes de calefacción, refrigeración, ventilación e incluso iluminación en ciertos casos.

Para los dos primeros métodos se dispone de una hoja exterior semitransparente, y una hoja interior opaca, utilizado para calefacción como bien ha sido mencionado con anterioridad, generalmente existen tres tipos:

Muro Solar, en el no hay circulación de aire en la cámara.

Muro Trombe, el aire es recirculado desde el interior del edificio para calentarlo a su paso por la cámara.

Muro Parietodinámico, el aire entra a la cámara procedente del exterior entrando al edificio precalentado por la cámara.

Para el caso de la fachada ventilada se disponen dos hojas opacas por donde circula el aire generalmente de forma natural, aislándose así la hoja interior de la radiación exterior y cediendo este además calor procedente del habitáculo al aire en movimiento a través de la cámara¹⁵.

Los conductos enterrados, funcionan intercambiando energía con el subsuelo y aprovechando la inercia térmica de este al pasar el aire por ellos, por lo tanto puede ser útil tanto para refrigeración como calefacción.

El funcionamiento de los métodos evaporativos consiste en restar calor al aire o a una superficie para así cedérselo al agua que estos expulsan y evaporarla, aunque habrá que tener muy en cuenta los efectos de la humedad para evitarla, tanto a ella como a sus efectos nocivos. Estos sistemas serán evaluados en combinación con otros, y no por si solos para este proyecto.

Además también serán evaluados conjuntamente combinaciones de sistemas, buscando un mayor rendimiento de estos y se compararán con los elementos sin combinar.

1.5.1 Calefacción pasiva: muro Solar y Trombe

El sol constituye una fuente de energía permanente, energía que llega a la tierra en forma de radiación solar. Esta energía es, además de permanente, gratuita, y su obtención no tiene efecto nocivo alguno sobre el medio ambiente, lo que hace que su aprovechamiento sea un tema de gran importancia, más si cabe, en momentos en los que el cambio climático es una realidad evidente, siendo la búsqueda de la obtención de estos tipos de energía medidas prácticamente necesarias. Este proyecto además se realiza para una zona como la provincia de Cádiz, en Andalucía, tierra que recibe una gran cantidad de radiación solar, tanto es así, que es conocida como la costa de la luz, en relación a este hecho. Por lo que estas, son soluciones que pueden llegar a proporcionar resultados muy positivos.

El aprovechamiento de esta radiación no es un concepto novedoso, ya que el ser humano ha tenido este en cuenta desde muy antiguas civilizaciones. Este aprovechamiento puede

realizarse con dos sistemas distintos, sistemas térmicos activos y pasivos. Los sistemas activos utilizan determinados materiales para captar la energía solar, y transformarla en una energía específica. En este proyecto no se tendrán en cuenta ya que solo se tomarán los sistemas pasivos los cuales captan de forma directa la energía del sol sin ningún tipo de mecanismo ni transformación previa¹⁶.

Antes de entrar en la evaluación específica de los resultados de las distintas fachadas y los sistemas acoplados a estas se presentarán unas consideraciones previas, a partir de las cuales surge todo el cálculo de resultados. Algunos de estas son comunes a todos los sistemas y otros solo a algunos.

En el anexo 2 se encuentran los vidrios evaluados y la definición y propiedades de estos.

En el anexo 3 se justifica el espesor y la altura de las cámaras de aire que separan las lunas de vidrio de los muros interiores, de los sistemas siguientes.

En el anexo 4 se definen las distintas composiciones de muros a analizar en este proyecto.

1.5.1.1 Muro Solar

El muro Solar es una solución de doble envolvente, surgida ante las necesidades de aprovechamiento de la radiación solar como energía útil de calefacción. Este sistema está compuesto por una cámara de un espesor determinado formada por el muro de un edificio y una segunda hoja confeccionada de vidrio para permitir el paso de la radiación solar, hasta la cámara formada por ambos cerramientos.

Para el caso del muro Solar no tiene intercambio de aire con el interior del edificio ni con el exterior de este. Su funcionamiento se basa en calentar ese aire de la cámara, absorbiendo la radiación solar gracias al cuerpo de superficie opaca y rugosa que es el muro interior de esta sin dejar que la energía en forma de radiación escape. La radiación calentará el aire contenido en la cámara a través de la incidencia solar, lo mismo hará con el muro, haciendo posible que ese calor finalmente se traduzca en calefacción efectiva para el interior de la vivienda, atravesando así la energía térmica este, a través de transferencia por conducción. En la ilustración 1.5.1 se muestra su funcionamiento de forma esquematizada.

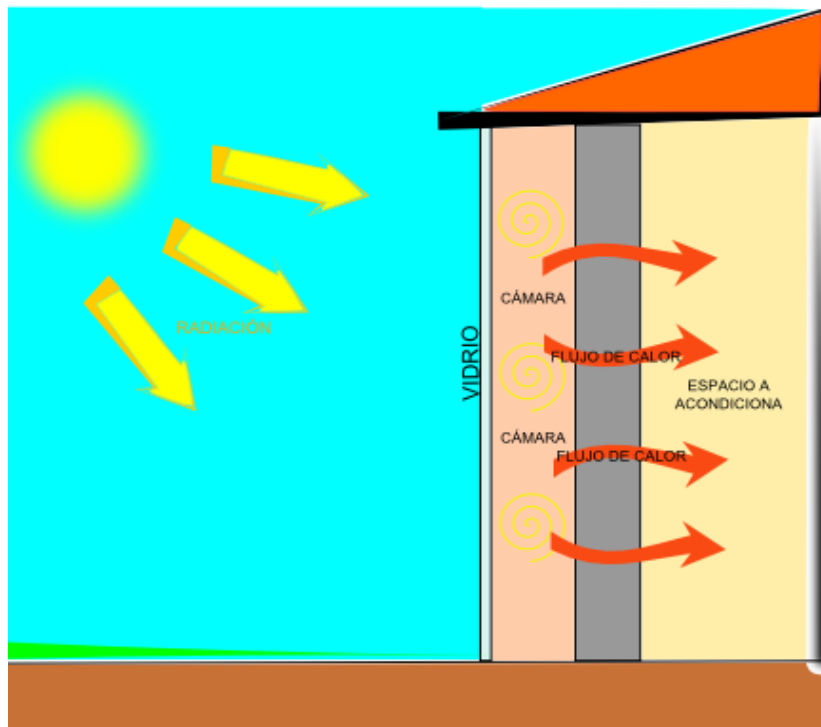


Ilustración 1.5.1. Funcionamiento esquemático muro solar.

Esta solución pasiva de acondicionamiento térmico ha sido adoptada solo para la orientación sur que es la que recibe radiación incidente a lo largo de todo el día y por lo tanto es la que va a producir un rendimiento mayor a partir de la inversión que se va a realizar. Para las fachadas este y oeste no ha sido evaluada.

1.5.1.2 Muro Trombe

El muro Trombe es otra de las soluciones de doble envolvente cuya finalidad es transformar la energía solar en calefacción. Este sistema está formado por una hoja exterior, será un cuerpo transparente que permite el paso de la radiación solar, para este proyecto vidrio, y una hoja interior, compuesta por el muro de la vivienda.

Este sistema es similar al muro solar, con la diferencia fundamental de que en este sí que existe circulación de aire entre la cámara formada por las dos hojas anteriormente mencionadas y el interior del edificio, es decir, entre el elemento en sí y el espacio a acondicionar. Este intercambio de aire se produce gracias a unas aperturas situadas en la parte inferior y superior de la fachada del edificio, permitiendo la circulación que puede ser natural o forzada de este. La circulación de aire natural se produce gracias a la diferencia de presiones, el aire caliente menos denso asciende mientras, que el más frío se mantiene debajo. Por lo tanto el aire próximo al suelo en el interior de la vivienda es más frío que el que está cercano al techo de esta, esto posibilita que este aire se precipite por la ranura inferior practicada sobre el también llamado muro másico. Este aire una vez en la cámara incrementa su energía calorífica gracias al aporte de los rayos solares sobre el cerramiento creado entre el muro y el vidrio, en esta cámara al igual que para el muro solar la radiación atraviesa el vidrio,

impactando sobre la superficie del muro la cual tendrá las propiedades para retener la energía térmica procedente de la radiación.

A medida que el aire se va calentando va ascendiendo hasta llegar a la parte superior de la cámara por la cual la desalojará, para pasar al espacio a acondicionar. Tras este proceso este flujo aumenta su temperatura, siendo repetido en bucle mientras exista radiación solar sin necesidad de gasto energético propio alguno. También podría impulsarse este flujo mediante algún sistema mecánico, en este caso la circulación de aire sería forzada, aunque este caso no será contemplado, para evitar el gasto energético.

Tras mostrar su principal diferencia con el muro solar, añadir que a pesar de que exista este flujo de aire, el calor también se transmite a través de la hoja interior, claramente este flujo calorífico será menor que para el caso del muro solar, ya que el movimiento de aire en la cámara del Trombe es superior a la de este último, pero a pesar de ello está muy presente y tiene una gran influencia en los resultados.

Las huecos que contiene el la hoja interior, destinados a la circulación de aire tendrán su apertura controlada mediante unas compuertas. Este control se hace necesario ya que en el momento en que la temperatura de la cámara sea igual a la del habitáculo, estos conductos que unen ambos espacios serán cerrados con el fin de evitar pérdidas térmicas en el espacio a acondicionar, siendo conocido que el muro Trombe durante la noche invierte su sentido de flujo de aire enfriando este, fenómeno totalmente contrario al perseguido.

En la ilustración 1.5.2 se muestra el funcionamiento del sistema.

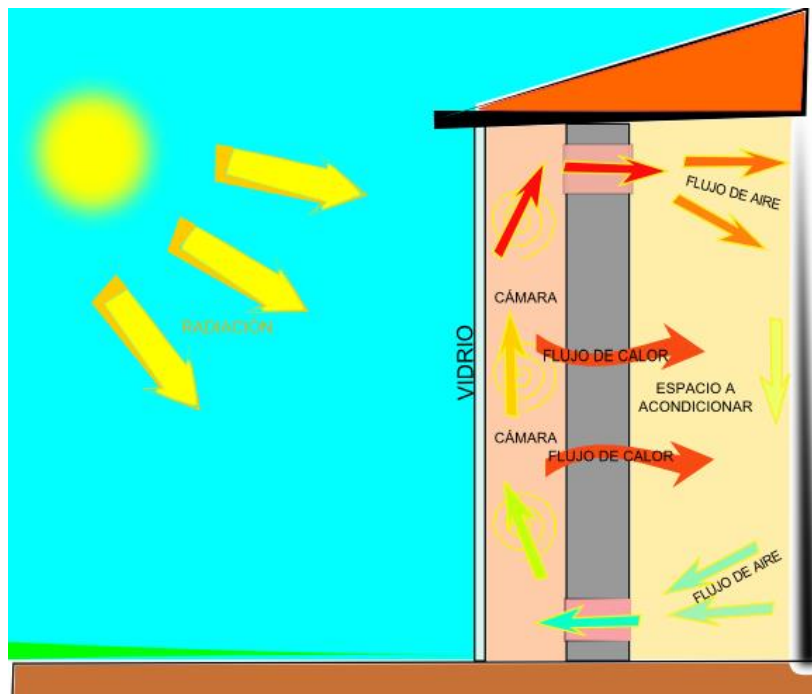


Ilustración 1.5.2. Funcionamiento esquemático muro solar.

1.5.2 Refrigeración pasiva: Fachada ventilada y conductos enterrados

1.5.2.1 *Fachada ventilada*

La fachada ventilada es un sistema de revestimiento de los parámetros del edificio que se presenta como una excelente opción debido a su comportamiento térmico e higrométrico, produciéndose una reducción del consumo energético del mismo.

La técnica de fachada ventilada implica la presencia de una “cámara de aire en movimiento” entre la pared revestida y el parámetro externo de revestimiento, lo que facilita la transpiración de la fachada, protege la edificación de la infiltración de agua de lluvia y evita la condensación intersticial (condensaciones de vapor de agua en el interior del material haciendo que este pierda sus propiedades como aislante).

Este sistema pasivo de acondicionamiento está formado por, el muro del edificio, una subestructura constituida por perfiles portantes y regulables sobre la que se coloca una segunda piel separada del muro con lo que se producirá una cámara de aire entre ambas capas que se encuentra en movimiento. La tipología de esta subestructura varía en función del material de revestimiento exterior y sus características (peso, resistencia, dimensiones...) ¹⁷. El movimiento de esta cámara de aire se produce de forma natural, ya que el aire contenido en esta se calienta tanto por las cargas producidas en el interior de la vivienda como por la radiación incidente en la hoja exterior, ascendiendo y produciendo un flujo de aire continuo sin necesidad de gasto energético alguno.

En la ilustración 1.5.3 se muestra las partes de una fachada ventilada convencional.

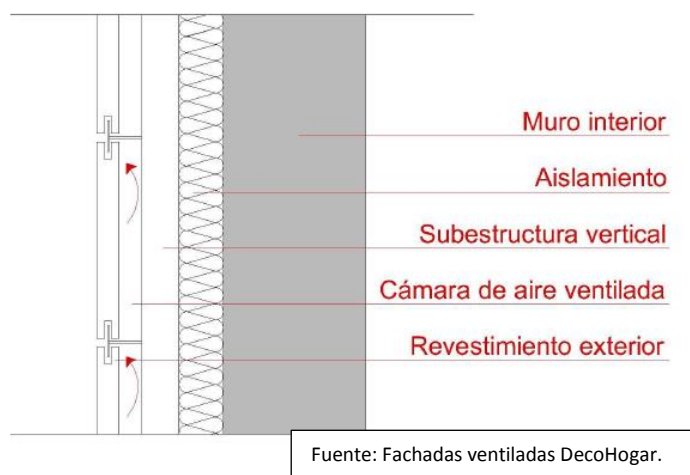


Ilustración 1.5.3. Funcionamiento esquemático muro Trombe.

Este sistema proporciona mejoras en el comportamiento térmico con respecto al muro base, sobre todo para la estación de verano, ya que este sistema está ventilado y evacua calor. Este fenómeno se produce principalmente por dos causas, la primera es el llamado efecto chimenea producido en la cámara por donde circula el flujo de aire ascendente. La segunda razón es el efecto del viento sobre la fachada que impulsa la entrada de aire exterior, a través de las juntas de las placas que conforman la hoja exterior, enfriando el aire de la cámara ¹⁸.

En las ilustraciones 1.5.4 y 1.5.5 se muestran los dos tipos de flujos de aire que hacen posible el funcionamiento de este sistema¹⁹.

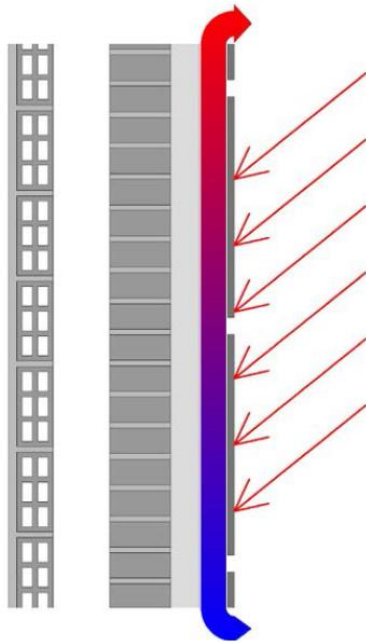


Ilustración 1.5.4. Movimiento del aire debido al calentamiento de la fachada por la radiación solar.

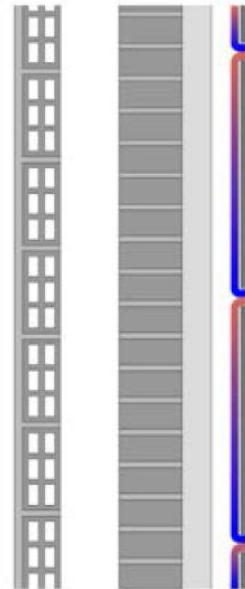


Ilustración 1.5.5. Movimiento del aire debido a la impulsión del viento por las juntas del aplacado.

De entre las ventajas de esta medida de acondicionamiento se pueden destacar:

- Produce un ahorro energético de entre un 25% y un 40%.
- Se produce una menor absorción de calor en los meses cálidos, consiguiéndose un notable ahorro en acondicionamiento energético.
- No se dispersa tanto calor, lo que se resume en ahorro energético también en los meses de fríos.
- Se reducen los saltos térmicos favoreciéndose así la estabilidad dimensional.
- Se evitan humedades.
- No se producen condensaciones intersticiales.
- Se mejora el aislamiento acústico.
- Se optimiza el aprovechamiento térmico de la inercia térmica del muro portante.
- Con el suficiente aislamiento no se producen condensaciones superficiales interiores.
- Se evitan los puentes térmicos.
- Se produce una mejor adaptabilidad al soporte estructural sobre el que se sustenta, corrigiendo los errores de falta de planeidad.
- Aligera la envolvente (parte del edificio en contacto directo con el exterior).
- Resulta insensible a la corrosión producida por la contaminación.
- Tiene un bajo coste de mantenimiento.
- La fachada es reutilizable y se puede desmontar sin demasiado esfuerzo.

1.5.2.2 Intercambiadores tierra-aire o conductos enterrados

Los conductos enterrados son intercambiadores tierra-aire, que utilizan el subsuelo para enfriar el aire en verano y calentarlo en invierno, esto se consigue haciendo pasar este aire a través de tubos los cuales son enterrados para que se produzca este intercambio energético entre ambos medios. Son sistemas usados para el acondicionamiento de la temperatura interior de las construcciones. Estos funcionan con un impulsor que hace que el aire circule desde el exterior al interior de la vivienda de forma continua. En la ilustración 1.5.6 se aprecia como entra el aire procedente directamente del exterior y es pasado a través de los conductos realizando estos un pre tratamiento del aire exterior.

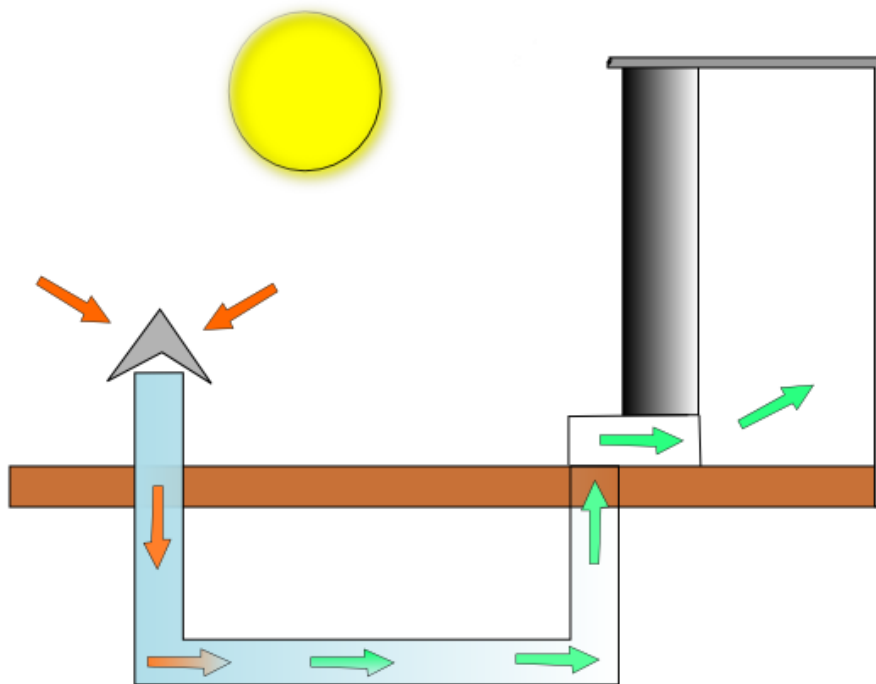


Ilustración 1.5.6. Representación esquemática funcionamiento conductos enterrados.

Su principio fundamental consiste en usar el subsuelo como fuente de energía térmica, en invierno (para aumentar la temperatura del aire de entrada) y en verano, como sumidero energético (para disminuir la temperatura del aire cediendo energía al terreno), con lo que se tratará el aire destinado a entrar en las construcciones. Es un sistema pasivo de acondicionamiento ya que no produce gasto energético para el usuario final de ningún tipo a excepción de la ventilación mecánica que se activará en caso que sea necesario y cuyo consumo será mínimo. Además este sistema es perfectamente válido tanto para verano como para invierno, esto es posible gracias a la inercia térmica del subsuelo²⁰. Aunque este hecho también es evaluado.

La inercia térmica hace que a medida que aumenta la profundidad, la temperatura del terreno vaya disminuyendo hasta llegar a un punto en el que se puede considerar constante²¹.

En la ilustración 1.5.7 se enfrentan profundidad y temperatura y se puede ver la clara tendencia del terreno a llegar a una temperatura constante de 20°C aproximadamente, a medida que avanzamos en profundidad.

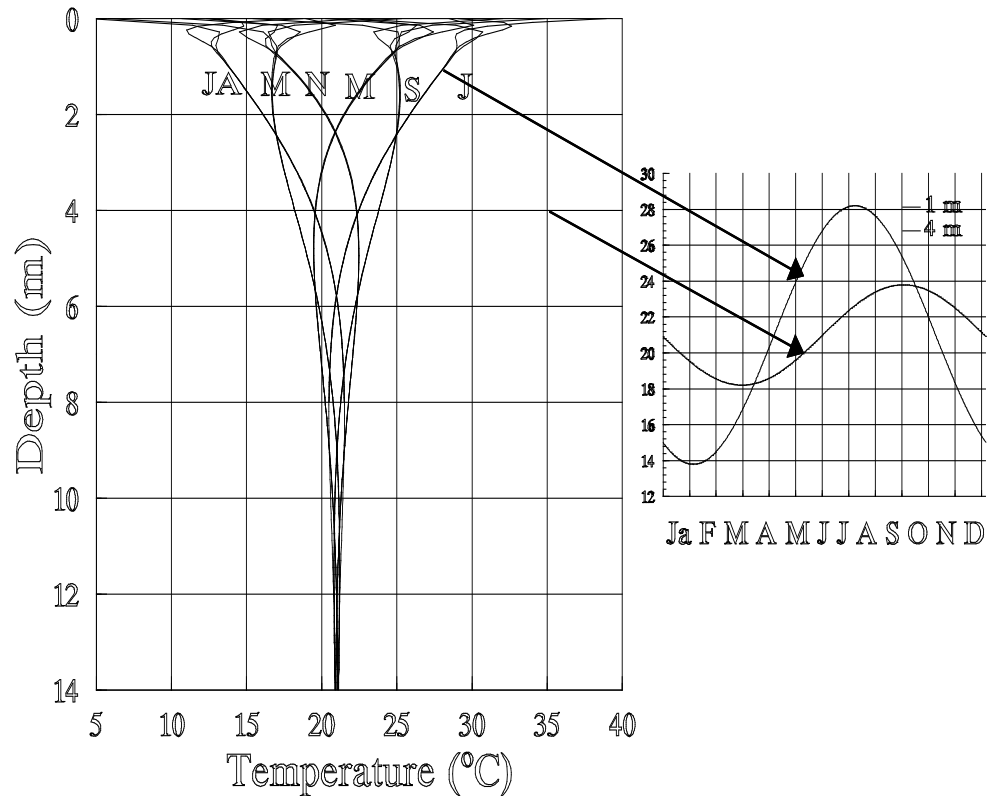


Ilustración 1.5.7. Profundidad frente a temperatura a lo largo del año.

La instalación consta de una toma de aire única, la cual será un tubo procedente del subsuelo, cuya boca de entrada de aire estará tapada con una rejilla fina, el tubo tendrá al final forma de bastón, teniendo la toma de aire paralela al suelo. Esta forma hace posible que no entre agua de lluvia y que se dificulten la entrada de elementos extraños por efecto de la gravedad. La toma de aire se encuentra a una distancia calculada para así proporcionar al aire o retirar del aire la energía suficiente como para el efecto sea positivo en la vivienda. Esta toma de aire única a la profundidad determinada tendrá salidas de conductos más pequeños que serán los encargados de llevar el aire al módulo y de realizar el intercambio calorífico. El tubo único o distribuidor de aire tendrá, al principio, una compuerta de entrada de aire que será la encargada de permitir o no el paso del aire hasta el interior del habitáculo. La apertura o cierre de esta compuerta será automática y estará controlada por una placa Arduino, dependiendo su apertura o cierre de la temperatura del aire en los tubos y de la temperatura del aire del interior del módulo. Además se debe mencionar los filtros de los que dispondrán los conductos para evitar la entrada de cuerpos extraños en ellos, estos se situarán a la entrada del aire procedente del exterior y a la entrada en el módulo de alojamiento.

De entre las ventajas se puede destacar el bajo consumo energético anteriormente mencionado, y su prolongada durabilidad y alta sostenibilidad que hacen este sistema totalmente ecológico²².

1.6 CÁLCULOS, JUSTIFICACIÓN Y RESULTADOS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos, su justificación, hipótesis tomadas comparación de estos y conclusiones.

1.6.1 Muro solar

El muro solar está formado por una primera hoja semitransparente, en este proyecto se evaluarán 5 tipos distintos de vidrios recogidos cada uno de ellos con detalle en el anexo 2.

Una segunda hoja o también llamado muro másico, que será un cerramiento normal de un edificio es decir, su fachada. En este caso es una segunda hoja un tanto especial, al igual que lo es el edificio para el que estamos implementando estas medidas. Serán evaluados distintos espesores y materiales a la hora de componer esta hoja con el fin de realizar una comparación entre ellos para determinar cuál proporciona los mejores resultados, en combinación con las medidas pasivas de acondicionamiento. En el anexo 3 vienen determinada la composición de los muros interiores.

Los espesores de poliuretano simulados para este muro másico del que estamos hablando son 30mm, 50mm, 80mm y 150mm. Esto ha sido realizado inicialmente con el muro compuesto concluir cuales son los espesores que podrían funcionar mejor: Esto ha permitido descartar los espesores de 80mm y 150mm (por su bajo rendimiento y mayor coste frente a los otros dos espesores), para así simular ese mismo muro pero en vez de con su capa superficial de corcho expandido, de acero de 1cm de espesor, lo que es prácticamente como si no hubiera nada a efectos de aislamiento.

Finalizando este apartado con la conclusión de cuál es el mejor muro solar de las distintas combinaciones aquí realizadas, cual es la mejor combinación vidrio, espesor de poliuretano y material de la capa del muro másico en contacto con la cámara.

Este sistema se ha evaluado tras una serie de simulaciones con el programa de Ruíz²³ descrito en el anexo 5. Gracias a ellas se han obtenido distintos resultados en función de una serie de variables, como pueden ser, el tipo de vidrio usado, el muro interior del edificio, el espesor de la cámara.

Tras realizar todas las simulaciones se ha realizado la comparación de los resultados disponiéndolos en gráficas para su mejor evaluación. Se han realizado dos hojas de cálculo, una para el muro con la capa exterior del muro másico de corcho expandido y otra para la capa exterior de acero.

Estos documentos incluyen los precios desglosados y totales para cada uno de los muros con sus distintas variantes, incluyendo precios de mano de obra e incluso costes indirectos. Estos son los valores monetarios descompuestos para cada detalle²⁴.

Las variables de entrada son los metros de altura y anchura de muro, es decir, los metros cuadrados de muro, por lo que todos los resultados se cambiarán automáticamente para mostrar el precio y rendimiento que proporciona un muro de las dimensiones especificadas.

Para el caso del muro solar cada simulación realizada proporcionará una sola variable de salida y no dos, ya que una de ellas es cero por no haber circulación de aire entre la cámara y el habitáculo como bien se recoge en el Anexo 5. El calor que entra a través del muro por conducción, será la única variable a tener en cuenta, en lo que a aporte energético se refiere en el muro solar. Cabe esperar que las ganancias netas de calor producidas por este sistema, sean menores que las del muro Trombe, el cual si dispone de flujo de aire desde el interior, aunque no se concluirá nada hasta su evaluación.

Los valores que a partir de los cuales se obtendrán las conclusiones serán los del programa que engloba todos los resultados y los compara, concretamente los aportados en kilovatios hora y metro cuadrado [kWh/m^2], unidad de energía, la cual dice la cantidad de energía que pasa para todo el periodo que ha sido simulado a través de un metro cuadrado de muro. Estos valores son comparados con su coste también aportado en este documento, y serán dispuestos de manera gráfica para su mejor apreciación.

1.6.1.1 Caso I: Corcho expandido

En el **caso del corcho expandido** se tienen un total de 20 resultados, formados por la combinación de los 4 espesores de poliuretano anteriormente indicados, con los cinco tipos de vidrios seleccionados.

En la tabla 1.6.1 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 1.6.1. Precios y ganancias brutas para los distintos muros solares considerados.

MURO SOLAR		
Espesor aislamiento	Precio(€/m²)	Ganancias(kWh/m²)
Vidrio simple		
30mm	54.91 €	49.1
50mm	59.79 €	34.0
80mm	67.11 €	23.3
150mm	84.19 €	13.5
Vidrio doble [3.3W/m²K]		
30mm	78.77 €	54.4
50mm	83.65 €	38.3
80mm	90.97 €	26.6
150mm	95.09 €	15.6
Vidrio doble [2.9W/m²K]		
30mm	78.77 €	56.4
50mm	83.65 €	39.9
80mm	90.97 €	27.8
150mm	108.05 €	16.4

Vidrio doble-be [2.5W/m²K]		
30mm	109.68 €	39.8
50mm	114.56 €	28.6
80mm	121.88 €	20.1
150mm	138.96 €	11.9
Vidrio doble-be [1.7W/m²K]		
30mm	109.68 €	53.1
50mm	114.56 €	39.1
80mm	121.88 €	28.1
150mm	138.96 €	17.1

Uno de los puntos a destacar de esta tabla es que independientemente del tipo de vidrio utilizado, el rendimiento del sistema se reduce a medida que aumenta su espesor de poliuretano, es decir a medida que se aumenta el aislamiento de la hoja interior. Esto tiene mucho sentido ya que el calor aprovechable del sistema muro Solar es el que se transmite a través del muro, por lo tanto aumentando el aislamiento de este se está impidiendo el paso del calor.

Además de tener sentido, se puede apreciar claramente que utilizando menos aislante el precio se reduce con lo que el aumento de rendimiento va asociado a la disminución de coste para cualquiera de los vidrios simulados.

Por lo tanto llegados a este punto se puede afirmar que los casos más favorables son además los más económicos, pero, ¿tiene alguna desventaja el muro de mínimo espesor de aislante?

Ciertamente el menor nivel de aislante de un edificio supone una mayor cantidad de pérdidas en las horas en las que no existe radiación solar, sin embargo este muro no intercambia calor con el exterior sino que existe una cámara con otra capa que la separa del exterior como es el vidrio.

En este momento se pueden descartar claramente los espesores de aislante superiores a 50mm sin incluir a este, alegando su bajo rendimiento combinado con su mayor coste en comparación con los otros dos.

Sin embargo se realizará el análisis de la inercia térmica del muro. La inercia térmica es la cantidad de calor que puede almacenar un cuerpo y la velocidad con que este lo cede.

A mayor espesor de poliuretano mayor inercia térmica, esto se puede apreciar perfectamente con los resultados separados de ganancias y pérdidas, las ganancias totales del muro de mayor espesor son las menores, al igual que las pérdidas son las mayores en el de menor espesor de aislante.

A continuación se incluye el concepto de calor útil con el que se evalúa cuál de los dos muros produce un mayor rendimiento real, ya que según los primeros resultados obtenidos es el de

30mm, pero teniendo en cuenta la oscilación de estos valores de ganancias y pérdidas, es decir, teniendo en cuenta la inercia térmica, es necesario analizarlo.

1.6.1.1.1 Calor útil

Una vez descartados estos los espesores de poliuretano de 80 y 150mm, nos quedan los de 30mm o 50mm de espesor, para el caso del corcho. Observando la suma final de resultados, queda claramente reflejado la superioridad energética aportada por el espesor de 30mm, sin embargo al mirar la oscilación de los valores individuales aportados el simulador hora a hora, se aprecia una mayor oscilación de los valores para este caso, este muro tiene menor inercia térmica que el otro.

Esta oscilación se traduce en que por el día aporta más calor al ambiente que el de 50mm y por la noche escapa más también con lo que se puede decir con total certeza que el muro de 50mm de espesor produce menos resultados, aunque es más estable, su inercia térmica es superior.

Este fenómeno, puede ser determinante para la elección del espesor idóneo. Para ello es necesario introducir un concepto como es el del calor útil. El calor útil es el calor que verdaderamente se podrá aprovechar para el fin perseguido. No es igual el calor útil que aporta un espesor que el otro, este calor se obtiene multiplicando el calor total debido solo a las ganancias que produce el muro por un factor llamado factor útil, y después de esto restándole a este las pérdidas. Con la ecuación 1.6.1 se realiza este cálculo.

$$Q_{\text{útil}} = -Q_{\text{perd.}} + FU * Q_{\text{ganancias}}$$

Ecuación 1.6.1

Siendo:

$Q_{\text{útil}}$, Calor útil, es el calor aprovechable.

$Q_{\text{pérdidas}}$, Calor debido a las pérdidas, es el calor que se pierde por el muro.

$Q_{\text{ganancias}}$, Calor debido a ganancias, es el calor que aporta el sistema en total sin descontarle las pérdidas.

FU, Factor de utilización, factor que determina que cantidad de calor de las ganancias es aprovechado. Este se obtiene a partir de γ , valor que relaciona las ganancias y las pérdidas.

Para la obtención de los valores de γ (variable necesaria en este cálculo) en este proyecto se ha utilizado un programa basado en el estudio realizado por Ruiz en el cual se revisa la norma UNE-EN ISO 13790, norma que contiene una serie de métodos matemáticos para la evaluación y diseño del rendimiento tanto energético como térmico de edificios²⁵.

En este artículo los autores han propuesto la revisión de la norma para su implementación en el clima mediterráneo, y como resultado se ha desarrollado un método matemático corregido a partir del cual se puede obtener el calor útil que proporciona un cerramiento como este o el muro Trombe. Este modelo corregido ha sido montado en un documento Excel requiriendo solo la introducción de unos datos de entrada que coinciden en su mayoría con los requeridos por el simulador del muro, y proporcionando el valor de χ a partir del cual se puede obtener el factor útil del muro, con la observación de la gráfica recogida en la revisión de la norma que compara en la misma gráfica los valores de χ y de FU.

Tras la realización de estos cálculos se tiene que χ para el muro másico de 30 y 50 mm:

$$\chi_{30\text{mm}}=2.17$$

$$\chi_{50\text{mm}}=2.17$$

Valores idénticos que posteriormente serán introducidos en la gráfica que consta en la Norma UNE-EN ISO 137-90 2008, en la figura 3, de la cual se obtiene finalmente el valor de factor útil.

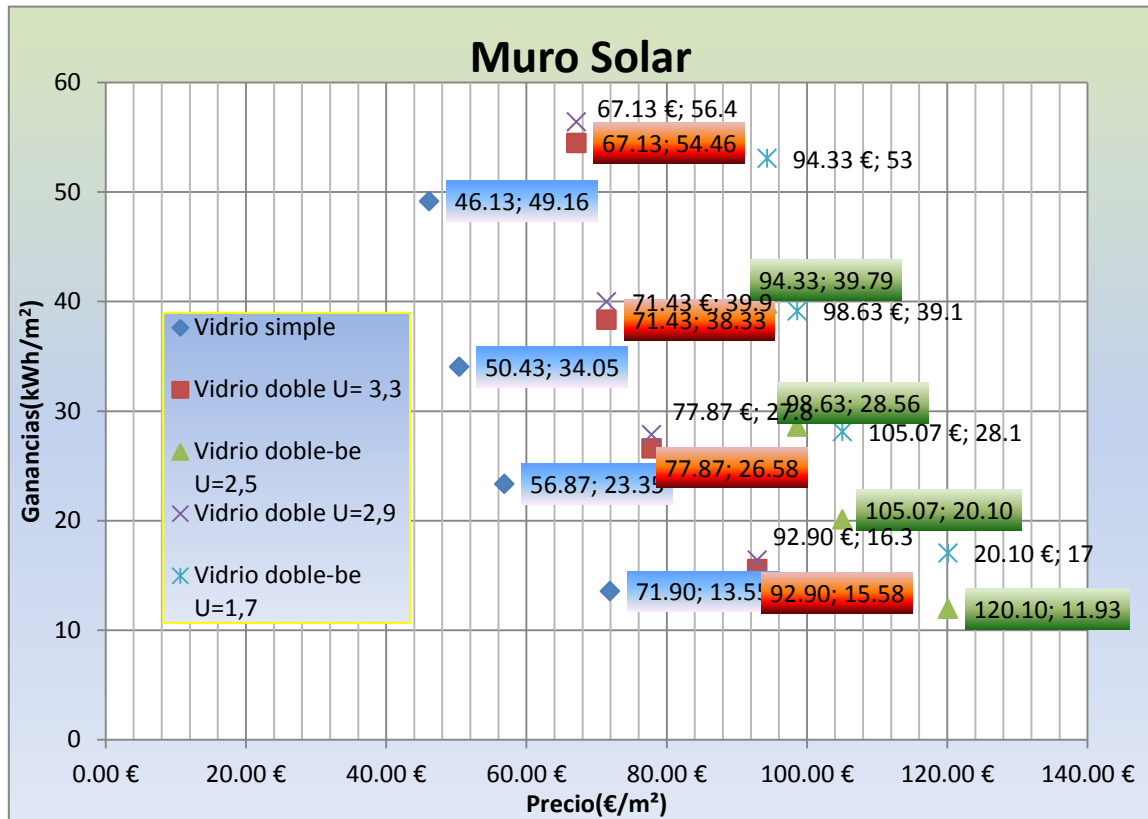
1.6.1.1.2 Elección espesor

Es necesario añadir que estos valores de χ tan parecidos hacen que el valor de factor útil sea prácticamente el mismo, ambos serán aproximadamente 0.55, por lo tanto el calor útil va a ser superior para el caso en el que haya un mayor aporte energético.

Se puede concluir entonces que en el caso del muro con la última capa (empezando por el interior) de su muro másico de corcho expandido, su capa de aislante será de 30mm, independientemente del tipo de vidrio usado, siendo esto valorado a partir del criterio de mayor calor útil aportado por el sistema, en este caso por lo comentado anteriormente los dos espesores de poliuretano van a tener un valor prácticamente idéntico de factor de utilización por lo tanto el que mayor calor útil aportará será el que más calor aporte en bruto, siendo este el seleccionado.

1.6.1.1.3 Elección vidrio

Ante la evaluación de los resultados de los distintos vidrios se presenta la gráfica 1.6.2, a partir del cual se obtendrá una conclusión:



Gráfica 1.6.2. Se representan los precios y ganancias de los distintos muros solares considerados.

En una rápida visión general de la gráfica 1.6.2, se aprecia porque han sido descartados los valores de 80mm y 150 mm de espesor, y es que produce unas ganancias por debajo de los 30 kWh/m² para todos los vidrios simulados.

El criterio de selección utilizado para muro Solar es el de mayor rendimiento, aunque teniendo en cuenta el precio. Este criterio de elección es viable porque es una sola inversión a realizar, y los beneficios serán continuos en el tiempo con un mantenimiento prácticamente inexistente.

Lo cierto es que la diferencia de precio entre vidrios no es demasiado acusada, siendo los más caros los dobles bajos emisivos y los más económicos los simples. En medio se encuentran los vidrios dobles, proporcionando estos, más ganancias para este sistema.

Los vidrios dobles serán los seleccionados por las ganancias que producen. En este sistema son superiores porque permiten el paso de más radiación que los vidrios dobles bajos emisivos, teniendo una capacidad de aislamiento térmico prácticamente similar, y también por tener una mayor capacidad aislante térmicamente hablando, que los vidrios simples, por los cuales entra hay un mayor flujo calorífico en ambos sentidos.

Se puede decir que el precio del vidrio aumenta conforme disminuye su transmitancia térmica (su capacidad de permitir el flujo calorífico), aunque para el fin destinado, lo interesante es un punto intermedio entre aislamiento térmico, y capacidad de captación tanto térmica como de

radiación. Por ello se concluye que el vidrio más eficiente para el muro solar es el doble cuya transmitancia térmica es de 2.9, ya que su precio es el mismo que el de transmitancia superior y aporta unos resultados mejores.

1.6.1.1.4 Conclusión cerramiento completo

Como **conclusión** se puede resumir que, el sistema muro Solar, para la hoja interior compuesta por **corcho expandido- poliuretano proyectado-acero corrugado**, estará compuesto por:

- **Vidrio doble [U= 2.9 (W/m²K)]** cuyo precio es de 67.13€/m².
- **Espesor poliuretano proyectado: 30mm.**

1.6.1.2 Caso II: Acero

Para el **caso de la hoja interior acero-poliuretano proyectado-acero**, la evaluación de este caso es análoga a la anterior por lo que la mayor parte de las conclusiones del caso anterior se dan en este, el fin de esta comparación es ver cómo influye la hoja interior en la totalidad del sistema.

Para este caso los espesores que fueron inmediatamente discriminados no se han tenido en cuenta por lo tanto se tienen 10 resultados, todos ellos solo con espesores de poliuretano de 50 y 30mm.

Tabla 1.6.2. Precios y ganancias brutas para los distintos muros solares considerados.

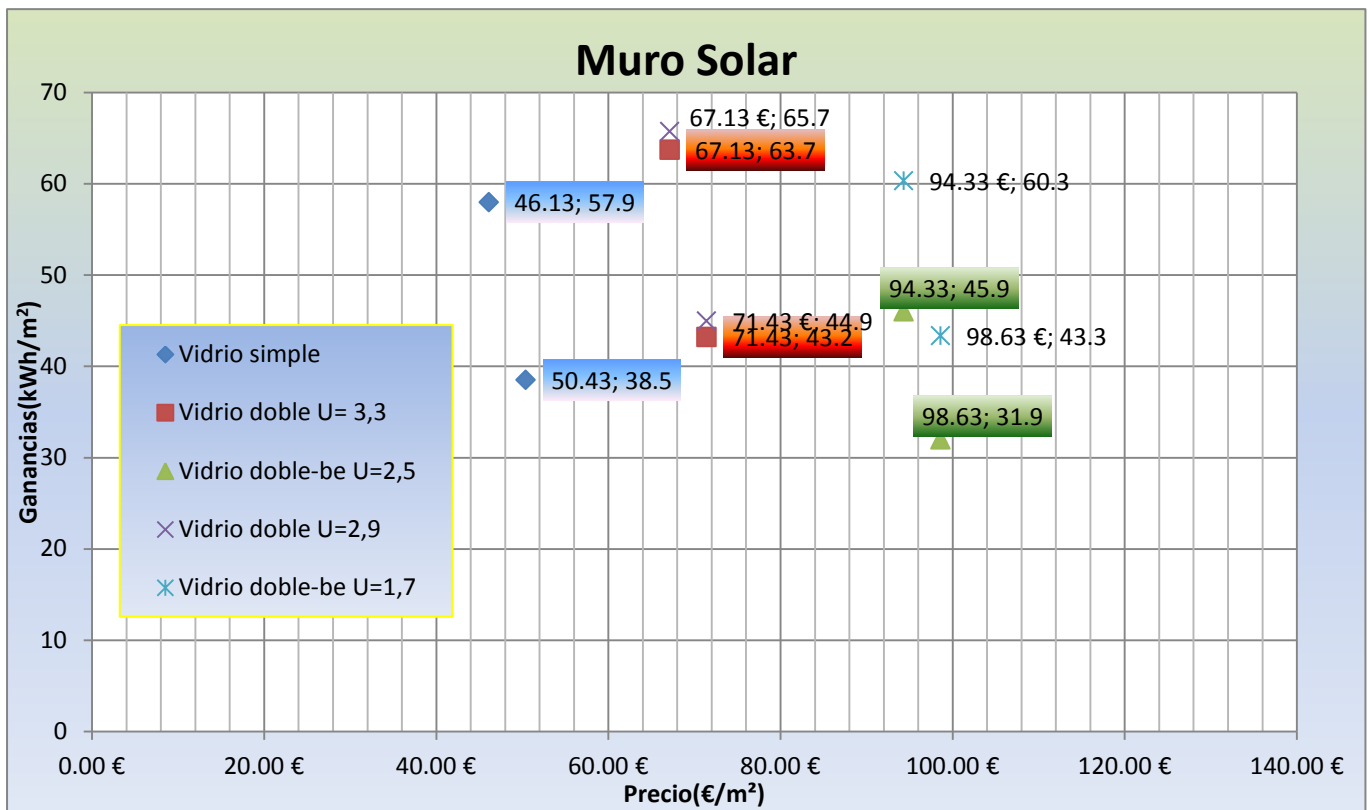
MURO SOLAR		
Espesor aislamiento	Precio(€/m²)	Ganancias(kWh/m²)
Vidrio simple		
30mm	54.91 €	57.9
50mm	59.79 €	38.5
Vidrio doble [3.3W/m²K]		
30mm	78.77 €	63.7
50mm	83.65 €	43.2
Vidrio doble [2.9W/m²K]		
30mm	78.77 €	65.7
50mm	83.65 €	44.9

Vidrio doble-be [2.5W/m²K]		
30mm	109.68 €	45.9
50mm	114.56 €	31.9
Vidrio doble-be [1.7W/m²K]		
30mm	109.68 €	60.3
50mm	114.56 €	43.3

Es importante, destacar que los precios los tomaremos iguales ya que aunque el corcho es algo más caro su instalación es más sencilla y económica mientras que el acero es más barato pero su instalación requiere una mano de obra más cara.

Se pueden afirmar que las consideraciones tenidas en cuenta para el caso anterior como el aumento del coste con el espesor de poliuretano, las desventajas aportadas por el menor espesor de este, la mayor o menor estabilidad térmica del muro, etc... También se aplican a este.

El fin último de la comparación realizada entre el espesor de 30 y 50mm es apreciar la influencia de este cambio, por lo tanto se recoge la gráfica 1.6.4, que representa los datos reflejados en la tabla 1.6.2:



Gráfica 1.6.3. Se representan los precios y ganancias de los distintos muros solares considerados.

La diferencia entre el espesor de 30mm de poliuretano y el de 50mm, es de unos 20kWh/m² aproximadamente debido a la disminución de capacidad aislante de la hoja interior, este hecho tiene gran importancia como se menciona en el caso anterior, más si cabe en el caso el muro solar en el que su rendimiento depende directamente del flujo de calor que pasa a través del muro.

Con este conocimiento y a la vista de los resultados, además de haber analizado los resultados obtenidos de la evaluación de la inercia térmica, se puede concluir que el caso del muro Solar con **hoja interior Acero-Poliuretano proyectado-acero**, se utilizará un espesor de poliuretano de **30mm** de espesor, y un vidrio doble [**U= 2.9 (W/m²K)**].

1.6.1.3 Conclusión final

Para concluir con este apartado, se procederá a la elección de entre los dos casos planteados para llegar a la mejor solución posible con lo aportado.

Para valorar que muro será el definitivo, se tendrán en cuenta una serie de factores, aunque sin duda el decisivo será el que mayor calor útil aporte, ya que será el que realmente proporcione más calor al espacio a acondicionar. Comprobado que los valores de calor útil no varían prácticamente entre un muro y otro, se aportan más variables para realizar la elección.

De entre los factores influyentes se puede destacar el económico, con influencia nula debido a que su precio es prácticamente idéntico, en cuanto a aislamientos acústicos los valores son muy similares pero el muro con corcho expandido es claramente superior, y por último la inercia térmica será prácticamente la misma como demuestran los resultados obtenidos.

Para una instalación de muro solar se concluye entonces que el **espesor de poliuretano sea de 30 mm y el muro de acero poliuretano y acero**, que además de ser el más económico es el que mejores resultados presenta.

Tras este apartado se puede afirmar que para un sistema como evaluado, la clave de su rendimiento, está en contener el aislamiento (siempre que no sea excesivo), en la hoja exterior, actuando esta de primera barrera y evitando que el calor de la cámara escape hacia el exterior. Reduciendo este aislamiento en la hoja interior para así favorecer el flujo de calor hacia el espacio a acondicionar. Se puede decir que lo fundamental es favorecer el flujo de calor en un solo sentido, hacia el interior, evitando el contrario, esto es justo lo que nos proporciona la elección final, disminuyendo el aislamiento a medida que se profundiza hasta el interior del edificio.

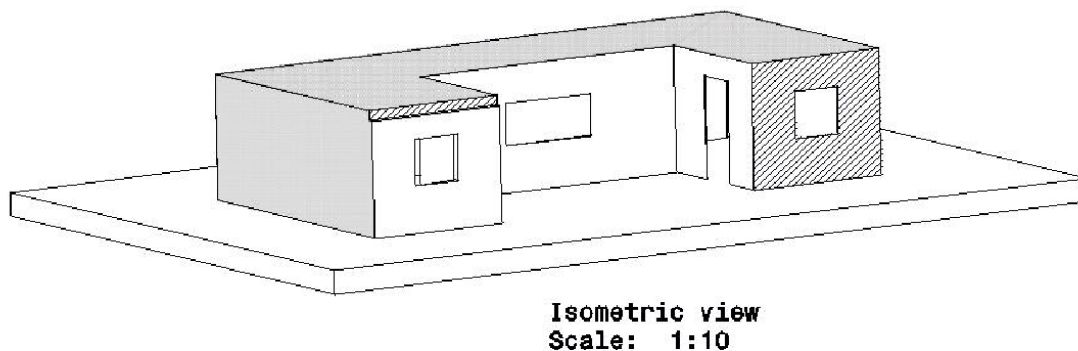


Ilustración 1.6.1. Visión módulo de alojamiento con muro solar en fachada sur lado derecho.

En la ilustración 1.6.1 se presenta la fachada del edificio con el muro solar aunque solo se ha realizado en la mitad del edificio para poder apreciar el resultado de forma más clara, evidentemente en el edificio final la parte representada tiene otra simétrica aunque se ha realizado así para su mejor apreciación.

1.6.2 Muro Trombe

Una vez descrito el funcionamiento de forma general, se describirán las distintas partes que componen el sistema de una forma más completa, exponiendo las distintas simulaciones realizadas, así como los resultados y las conclusiones a aportar.

El muro Trombe será instalado en la fachada del muro con orientación sur, para el caso que nos ocupa será instalado en las fachadas correspondientes a las que tienen las ventanas de

1x0.9m de altura, con esa orientación. La instalación en la parte central tiene poco sentido, ya que estos puntos serán cubiertos por sombras a lo largo del día procedentes de las dos partes del edificio salientes.

Este sistema en cuanto a estructura constructiva se puede afirmar que es prácticamente análogo a muro solar aunque en la parte central donde se encuentran las ventanas no se colocará vidrio como en este último. La razón fundamental es que además de que se interrumpiría el flujo de aire entre apertura de la fachada inferior y superior, en verano será necesario cubrir este sistema para que no funcione, y no se caliente el interior de la vivienda.

En la hoja exterior vidriada, han sido evaluados 5 tipos de vidrios distintos ya descritos en el anexo 2.

Una hoja interior compuesta por un muro del edificio, especificada su composición y detalles en el anexo 3.

Entre estos dos cerramientos se forma una cámara, en la que en este caso circulará el aire, por lo tanto se deben tener en cuenta una serie de consideraciones. La circulación del aire que produce beneficios es la representada en la ilustración 1.5.2. El aire entra por la ranura inferior procedente del interior, se calienta, asciende como consecuencia de ese calentamiento y termina abandonando la cámara por su ranura superior aportando el calor recogido a lo largo de ella al habitáculo, proceso que se realizará con el espesor de cámara elegido en el anexo 4 de forma ininterrumpida y con un flujo de aire natural, mientras la radiación solar incide sobre el muro. Durante el tiempo en que no incide radiación, para no incurrir en pérdidas estas ranuras que posibilitan el movimiento del aire serán cerradas mediante compuertas accionadas electrónicamente. De esta manera la cámara actúa como una barrera aislante más durante la noche al permanecer cerrada.

En conocimiento de estos datos, se puede afirmar que este sistema es transformable a muro solar cuando sea necesario, con la simple acción del cierre de estas escotillas.

La corriente de aire tiene, por lo tanto, un camino a seguir para ser productiva. El muro Trombe tiene todos los elementos constructivos que el muro solar, a excepción de las ranuras practicadas en la fachada y los elementos de apertura y cierre de estos que son descritos a continuación.

1.6.2.1 Altura muros

Esta altura ha sido tratada en el anexo 4, en él se hace referencia a la altura de los huecos elegidos para el caso que se trata en este apartado. Se concluye una altura igual al espesor de la cámara (también tratado en este apartado y en el que se justifica la elección de 10cm), la razón es que al no haber cambios de sección durante el recorrido del aire a través del circuito creado, no se producirán cambios de velocidad, evitando así las pérdidas que este hecho produce, y que ganan importancia teniendo en cuenta que el flujo que se producirá en ella será natural (sin impulsión mecánica).

Además de las razones aportadas para el espesor de la cámara en el apartado mencionado anteriormente, para el muro Trombe existe otra razón, y es que el hueco tiene un espesor que hace máximo el volumen de aire que esta puede mover, con las mínimas pérdidas de presión que tanto favorecen la ventilación natural. Para un espesor superior sería necesaria la instalación de ventilación forzada.

En cuanto a la anchura de estos huecos, serán lo más ancho posibles para así maximizar el flujo de aire dado que cuanto mayor sea el flujo circulante mejores resultados se obtendrán siendo el hueco por tanto de 1m de ancho esto es posible gracias a que los muros Trombe estarán separados por las ventanas.

Las compuertas existentes en estos huecos de la fachada, estarán destinadas a regular el flujo de aire que pasa a través de ellas, teniendo solo dos posiciones abiertas o cerradas. Estas posiciones son reguladas automáticamente con independencia del usuario o usuarios residentes del edificio. La apertura o cierre estará condicionada a la temperatura del interior de la cámara, cuando el sistema vaya a incurrir en pérdidas por la temperatura existente en la cámara se procederá al cierre de ellas.

Esta evaluación de cuando el sistema no produce energía en el sentido requerido, se realizará con el uso de varios sensores de temperatura colocados en las cámaras Trombe en la parte superior, que es donde se registrará la mayor temperatura. Cuando los sensores detecten temperaturas superiores a 2°C con respecto al interior, mandará la orden de apertura de puertas al motor eléctrico encargado de moverlas.

Un buen sensor para esta aplicación es el LM35, el cual es muy preciso, y no requiere ninguna calibración externa o ajuste para proporcionar una precisión típica de más menos 1.4°C a temperatura ambiente y más menos 3.4°C a lo largo de su rango de temperatura que va desde -55 a 150°C. El modelo LM35 cuya ficha técnica se adjunta en el anexo 6 es un sensor que debe ser usado en conjunto en una placa Arduino, siendo una solución muy económica, tanto en la inversión inicial como en su bajo consumo energético²⁶.

Estos sensores detectarán la temperatura existente en el interior de la cámara y en el momento en que esta se reduzca hasta el punto en que la temperatura sea 2°C superior a la del interior del habitáculo, se generará la señal que irá a las compuertas reguladoras colocadas en los huecos cuyo motor ejercerá la fuerza necesaria para cerrar esta. Las compuertas pueden ser adquiridas en múltiples compañías, con todo el mecanismo listo para que les instale un motor o incluso pueden ser adquiridas con este sistema ya incorporado, con distintas potencias de funcionamiento.

En este caso se utilizarán compuertas de regulación con bastidor de chapas galvanizadas y lamas de aluminio, las dimensiones de este serán las correspondientes a las del hueco. Con este tipo de compuerta se aseguran unas pérdidas de presión y un nivel sonoro mínimos. Sin embargo para este caso como la altura del hueco tiene solo 10cm de altura la compuerta tendrá una sola lama con lo que se reducen las pérdidas de rozamiento de esta con el aire, pérdidas que por otro lado por ser mínimas serán despreciadas.

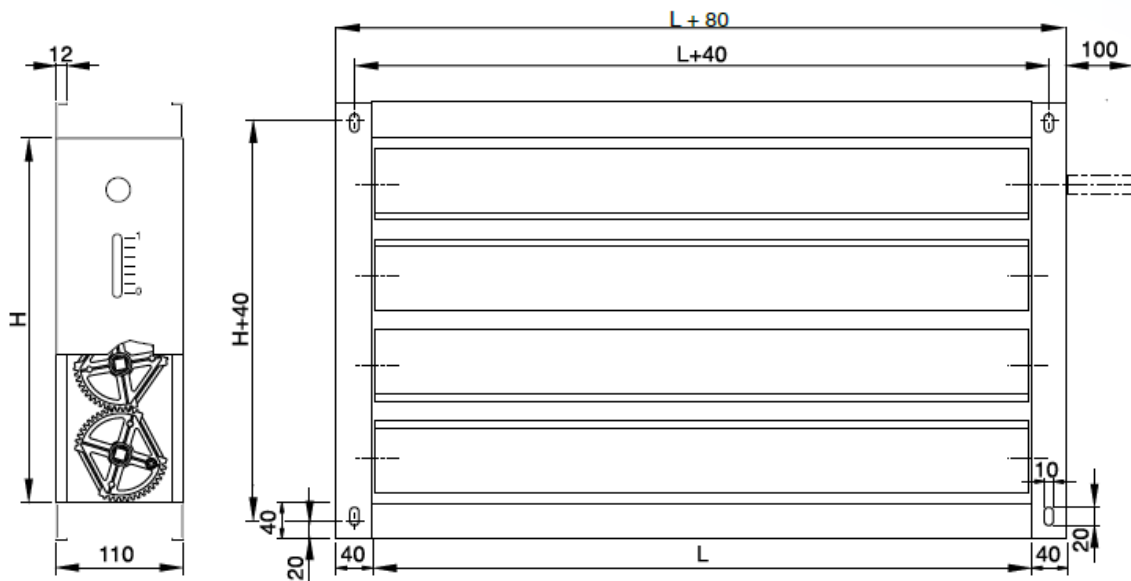


Ilustración 1.6.2. Compuertas de regulación de flujo de aire a instalar.

El motor usado para esta compuerta será el LM230A o el LM24A, cuya ficha técnica se adjunta en el anexo 7. El espesor de la compuerta será el mínimo posible, aunque al ser una fachada tan fina puede ser que el conjunto de la compuerta tenga una espesor superior, si se diera el caso lo que sobresalga lo hará hacia el interior del espacio a acondicionar, evitando así pérdidas de carga en el interior de la cámara²⁷.

Una vez descrito el sistema de las compuertas, añadir que para este sistema, este es el único gasto energético que se produce junto con el consumo de los sensores y el controlador. El movimiento de apertura o cierre de las lamas, tiene dependencia directa de la temperatura de la cámara, dependiente a su vez de la radiación solar incidente.

Ya se indicó en el anexo 1 la parte del edificio que sería acristalada para producir ganancias térmicas, sin embargo toda esa parte no será objeto de instalación del sistema Trombe. Esto es debido a que las partes que contienen ventanas no son posibles de simular con el simulador, siendo además poco interesante la instalación de estos sistemas en estas zonas.

Por lo tanto en la fachada sur donde se encuentran las ventanas izquierda y derecha, quedará instalado el sistema Trombe, aunque no en su totalidad sino en las partes laterales a las ventanas. A cada lado de la ventana habrá $1 \times 2.5 \text{ m}^2$ de este sistema siendo estas cámaras cerradas para que así su intercambio de aire se realice solo con el interior de la vivienda. En la ilustración 1.6.3 a escala del edificio se muestra la instalación solo de Trombe aunque sin cerrar por la parte de arriba ya que aquí se instalará otro elemento el cual cerrará la cámara a la vez que realiza otra función.

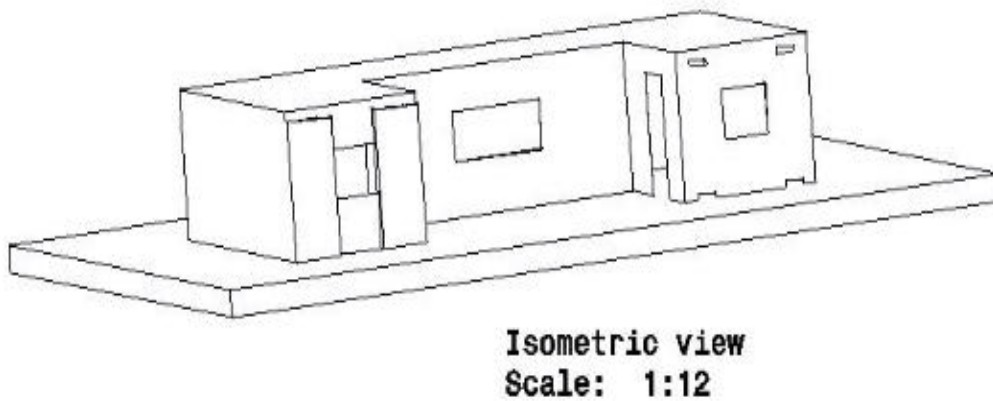


Ilustración 1.6.3. Módulo de alojamiento con dos muros solares instalados en la fachada sur en la parte derecha.

Se pueden ver dos de los cuatro muros Trombe a instalar en el edificio, para que así en el otro extremo puedan apreciarse los huecos intercambiadores de aire con el espacio a acondicionar. En el documento 3 sección A, se encuentran recogidos los planos que definen las medidas del sistema.

1.6.2.2 Simulaciones y resultados

Este sistema ha sido simulado de manera análoga al muro Solar, siendo los vidrios simulados los mismos, y los espesores de poliuretano los mismos también. Sin embargo, los dos casos que se diferenciaron para el muro Solar, más concretamente los casos en los que se diferenciaba el material de la capa de contacto con la cámara, no han sido simulados para el muro Trombe, justificándose este hecho con la menor importancia que cobra el paso del calor a través del muro, ya que el grueso del calor a ingresar en el edificio lo hace por los huecos practicados en la fachada. Siendo así, pierde relevancia la simulación de estos, y se opta por la instalación de la capa exterior del muro de corcho expandido.

Los cambios en los datos a introducir en el simulador Sihnor son la altura de la cámara, a la altura total del vidrio se le resta la altura de los huecos practicados para el caso simulado la altura del muro Trombe es de 2.3m ya que la altura de los dos huecos juntos es de 20cm, aunque en realidad la altura del vidrio será de 2.5m.

Otros datos a variar en el simulador es la procedencia del aire, que en este caso será desde el interior del edificio, y la velocidad del aire que tendrá que calcularla el programa, mientras que para el caso anterior era 0.

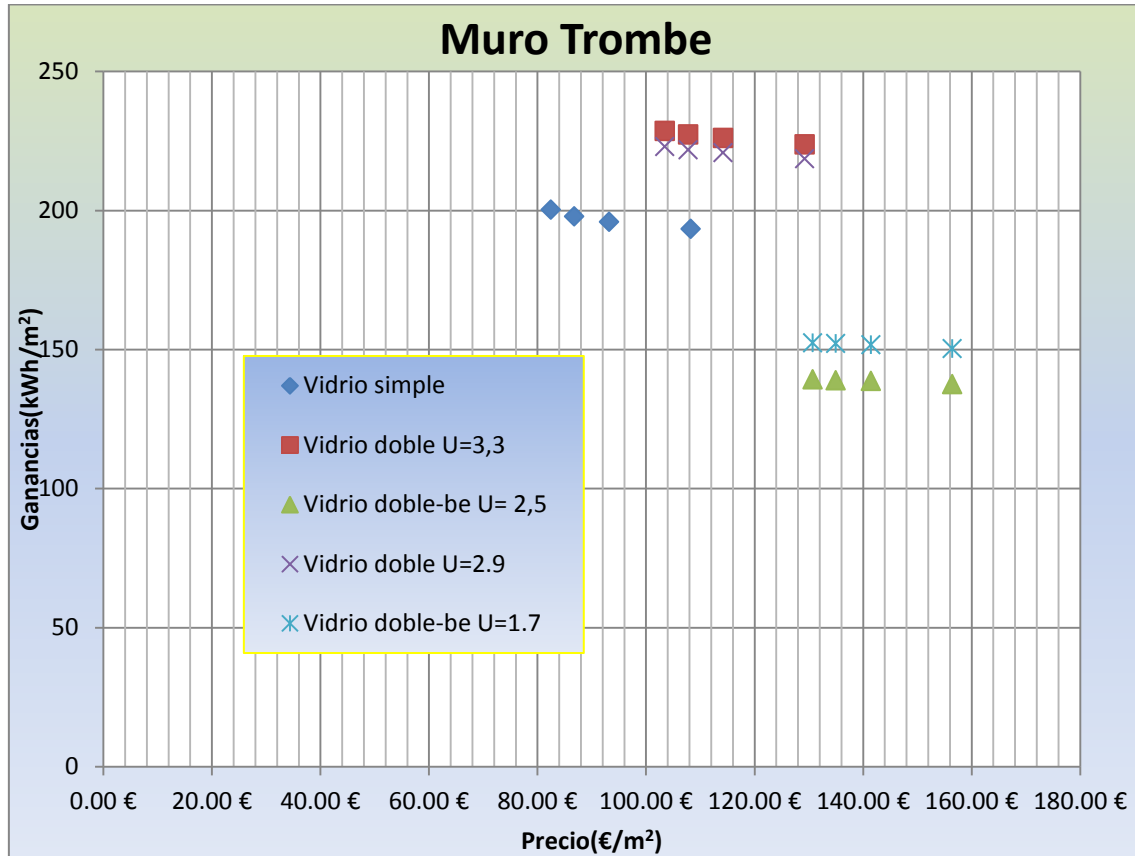
Tras la simulación se obtienen dos salidas proporcionadas en kWh (kilo-vatios hora) unidad de energía, estas dos salidas sumadas darán la cantidad de energía que proporciona el sistema para el período total de simulación para un muro Trombe de 1 m de base por 2.3 m de altura, en este caso.

La dos salidas que aporta el simulador y que posteriormente serán sumadas son las referentes al calor del aire y al calor que entra por el muro, ambos como ya ha sido mencionado proporcionados en KWh para todo el período que en este caso sean sido simulados desde los meses de noviembre a marzo.

En la tabla 1.6.3 se muestran los resultados, obtenidos del muro Trombe para el muro másico de **corcho expandido-poliuretano (distintos espesores)- Acero**, en combinación con los distintos vidrios.

Tabla 1.6.3. Precios y ganancias de los distintos muros Trombe evaluados.

MURO TROMBE		
Espesor aislamiento	Precio(€/m²)	Ganancias(kWh/m²)
Vidrio simple		
30mm	82.51 €	200.2
50mm	86.80 €	197.8
80mm	93.25 €	195.9
150mm	108.28 €	193.3
Vidrio doble [3.3W/m²K]		
30mm	103.51 €	228.6
50mm	107.80 €	227.3
80mm	114.25 €	226.1
150mm	129.28 €	223.7
Vidrio doble [2.9W/m²K]		
30mm	103.51 €	222.9
50mm	107.80 €	221.8
80mm	114.25 €	220.7
150mm	129.28 €	218.5
Vidrio doble-be [2.5W/m²K]		
30mm	130.71 €	139.2
50mm	135.00 €	138.9
80mm	141.45 €	138.6
150mm	156.48 €	137.5
Vidrio doble-be [1.7W/m²K]		
30mm	130.71 €	152.3
50mm	135.00 €	152.1
80mm	141.45 €	151.7
150mm	156.48 €	150.3



Gráfica 1.6.4. Representación de los valores de la tabla 3.3 en una gráfica.

Una vez mostrados los resultados tanto en la tabla 1.6.3 como en la gráfica 1.6.5 para su mejor apreciación, se procederá al análisis de estos resultados.

En primer lugar, y basándose en los resultados representados en la gráfica 1.6.5, se pueden descartar los vidrios dobles bajos emisivos, elección justificada tanto por su bajo rendimiento como por su elevado coste en comparación con los demás vidrios.

Seguidamente, y ascendiendo en la gráfica 1.6.5, se tienen los demás vidrios, se tienen los demás vidrios. El vidrio simple aunque más económico que el doble ofrece un rendimiento menor, con lo cual será descartado. Este descarte se justifica, añadiendo que el interés es la búsqueda de los resultados máximos sin importar demasiado la diferencia económica (ya que entre los valores comparados no son demasiado grandes), se impone este criterio, porque la inversión será única y su mantenimiento será el mismo.

En este momento se dispone de los dos tipos de vidrios doble, cuya diferencia radica en la capacidad aislante de cada uno, o lo que es lo mismo la resistencia térmica que cada uno presenta. Destacar que ambos vidrios dobles tienen precios prácticamente idénticos por lo que los seleccionados serán los que más energía aporten. Este es el caso del vidrio doble cuya **transmitancia térmica** es de **3.3 W/m²K**.

En este momento solo queda la elección del espesor de poliuretano, de entre los 4 espesores simulados el que más energía proporciona espacio interior es el de menor espesor, aunque la diferencia con los resultados aportados por el de mayor espesor no son demasiado notables.

En este momento, se vuelve a mencionar el concepto de **calor útil**, como ya se hizo para el caso de muro solar. Como se demuestra para el caso anterior y en contra de los resultados esperados, la variación del factor de utilización para los distintos espesores de poliuretano es prácticamente nula, por lo que no se puede tomar como factor decisivo en esta última fase de elección, aunque sí se tendrá en cuenta. En este caso no todo el calor que entra al habitáculo lo hará por conducción a través del muro, sino que la gran parte de este lo hará por ventilación. Por lo tanto el factor de utilización solo podría aplicarse a la parte de calor que entra por conducción. El factor obtenido del simulador y la norma UNE-EN 13790, es de **0.45**.

Ha sido aplicado a los cuatro últimos valores a elegir y los resultados se reflejan en la tabla 1.6.4.

Tabla 1.6.4. Casos con vidrio doble [3.3 kW/m²K].

Esesor de poliuretano de la hoja interior	Precio(€/m ²)	Ganancias(kWh/m ²)	Precio kWh(€)
30mm	103.51 €	217.9	0.47 €
50mm	107.80 €	218.1	0.49 €
80mm	114.25 €	219.8	0.52 €
150mm	129.28 €	220.1	0.59 €

Los resultados de las ganancias se invierten entre el todos los espesores y aunque la diferencia es mínima el que tiene ahora un mayor aporte energético es el que anteriormente lo tenía menor. Esto se explica porque aunque el factor de utilización sea el mismo para los cuatro casos, cuanto mayor espesor de poliuretano tenga el muro mayor aislante tendrá este y menos calor se transmitirá al interior por conducción, como resultado el valor a multiplicar por el factor será menor y se perderá también menos calor, aumentando las ganancias o calor neto aportado.

La elección del espesor final por lo tanto es de 50 mm justificada a continuación por las siguientes razones:

- Precio, aunque hay poca diferencia con todos el precio de este espesor es menor teniendo unos resultados prácticamente idénticos.
- Los demás muros del edificio serán de este espesor por lo que es conveniente no variar el espesor entre fachadas para evitar puentes térmicos, y las pérdidas que esto significa.
- Se descarta el espesor de 30mm por ser el menor aporte neto de calor, y por la escasa capacidad aislante que presenta.
- Se descartan los espesores superiores por el mayor precio.

El cerramiento completo de muro Trombe a instalar es el siguiente:

Vidrio doble U = 3.3 W/m²K, cámara de aire de 10 cm de espesor, y muro compuesto por corcho expandido (20 mm), poliuretano proyectado (50 mm), y acero corrugado (10 mm).

1.6.3 Fachada ventilada

En el módulo de alojamiento, este sistema se colocará en las fachadas con orientación este y oeste, se podría decir que si la cara sur es la que se toma como principal de la vivienda, la fachada ventilada ocupará los laterales de esta.

La superficie en cada lateral será de 16.2 m^2 , siendo la superficie total en la que se instalará esta medida de 32.4 m^2 . La evaluación de esta se realizará con el programa de Ruíz²³, usado también para la obtención de distintos resultados en este proyecto.

Los muros a evaluar son los mismos que para casos anteriores. Se evalúa la composición de muro, desde afuera hacia adentro de la vivienda, corcho, poliuretano y acero. También se realizan algunas simulaciones con acero, poliuretano, acero opción descartada para evitar los puentes térmicos con el resto de edificio. Además, referente al poliuretano, se simulan los 4 espesores de 30, 50, 80 y 150 mm para así poder concluir cuál de ellos ofrece mejores resultados en este sistema.

Todas las simulaciones se han realizado con la misma hoja exterior (hoja en contacto con el medio), se opta por los paneles de fibrocemento de 8 mm de espesor, cuya ficha técnica se encuentra en el anexo 8, tanto por sus propiedades físicas como por su precio asequible.

El fibrocemento usado en los paneles colocados en la fachada ventilada está fabricado a base de cemento Portland, sílice, fibras naturales y aditivos de alta calidad. Este producto posee una alta estabilidad dimensional, dureza y resistencia mecánica. Uno de sus beneficios de este material es que tiene la facilidad para ser trabajado de la madera, combinados con la resistencia y durabilidad del cemento¹⁷.

Las dimensiones de los paneles elegidos²⁸ son de $1.22 \times 2.44 \text{ m}$, necesitándose para cada fachada aproximadamente 5 paneles y medio.

Los paneles serán dispuestos en una estructura portante separada del muro de la vivienda una cierta distancia, cuyo valor será determinado a partir de una serie de simulaciones. En definitiva esta distancia será la encargada de formar el espesor de la cámara por la que circulará el aire que actuará a modo de refrigerador del muro del módulo de alojamiento.

1.6.3.1 Espesor de la cámara

El espesor de la cámara ha sido determinado, mediante la simulación de distintos espesores de cámara para un mismo muro, el de 30 mm de espesor de poliuretano por ser el más delgado y por lo tanto sensible a las variaciones. También se han realizado alguna con el de 50 mm para confirmar que el comportamiento de los espesores de cámara sigue la misma tendencia en concepto de resultados independientemente del espesor de poliuretano.

Los espesores simulados para el muro interior de espesor de 30 mm han ido desde 3 cm hasta 10 cm, pasando por 6, 7, 8 y 9 cm. Los espesores superiores no se tienen en cuenta debido a, como ya se ha citado anteriormente, a que el simulador es incapaz de evaluarlos por los contraflujos de aire que se producen a mayores espesores.

Para los espesores de poliuretano menores, se van dando mayores ganancias a mayor espesor de cámara, esto es debido a que circula una mayor cantidad de aire por ella evacuando el calor que se transfiere a través del muro procedente del interior del habitáculo, cuanto mayor sea la

distancia entre los paneles de fibrocemento y el muro más aire circulará llevándose consigo gran parte de las ganancias solares que se quieren eliminar. Por esta regla se tendería a hacerla más grande, lo que supondría incurrir en pérdidas debido a los contraflujos, ya comentados, se puede concluir que el espesor de la cámara tiene un máximo de rendimiento a partir del cual este decae.

1.6.3.2 Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos han sido introducidos en una herramienta creada con Excel con la cual se puede realizar la comparación de costes y ganancias proporcionando como variables de entrada simplemente las dimensiones de la altura y la anchura del muro. A partir de aquí todos los costes y ganancias térmicas quedan determinados. Con ello se obtienen tablas y gráficas que nos mostrarán una ilustrativa comparación de los resultados obtenidos y cuáles son los más o menos adecuados al fin buscado.

En la tabla 1.6.5 se muestran los espesores de poliuretano que se han simulado para cada una de las fachadas ventiladas. Frente a los espesores una primera columna en la que se da el precio del metro cuadrado de fachada ventilada con ese espesor de poliuretano, este precio incluye todos los gastos que suponen su instalación, además del coste de todo lo adquirido para la realización de este sistema.

La siguiente columna contiene los valores de las ganancias (en este caso negativas porque son pérdidas de calor), como para los sistemas evaluados anteriormente con esta herramienta los resultados se proporcionan hora a hora en kilovatios, unidad de potencia, pero estos valores son la suma de todas las horas por lo tanto, la suma total de ellas vienen dados en kWh, unidad de energía. Estos valores por lo tanto es la energía térmica que la fachada ventilada quita al interior del habitáculo para todas las horas que tienen los meses de verano considerados.

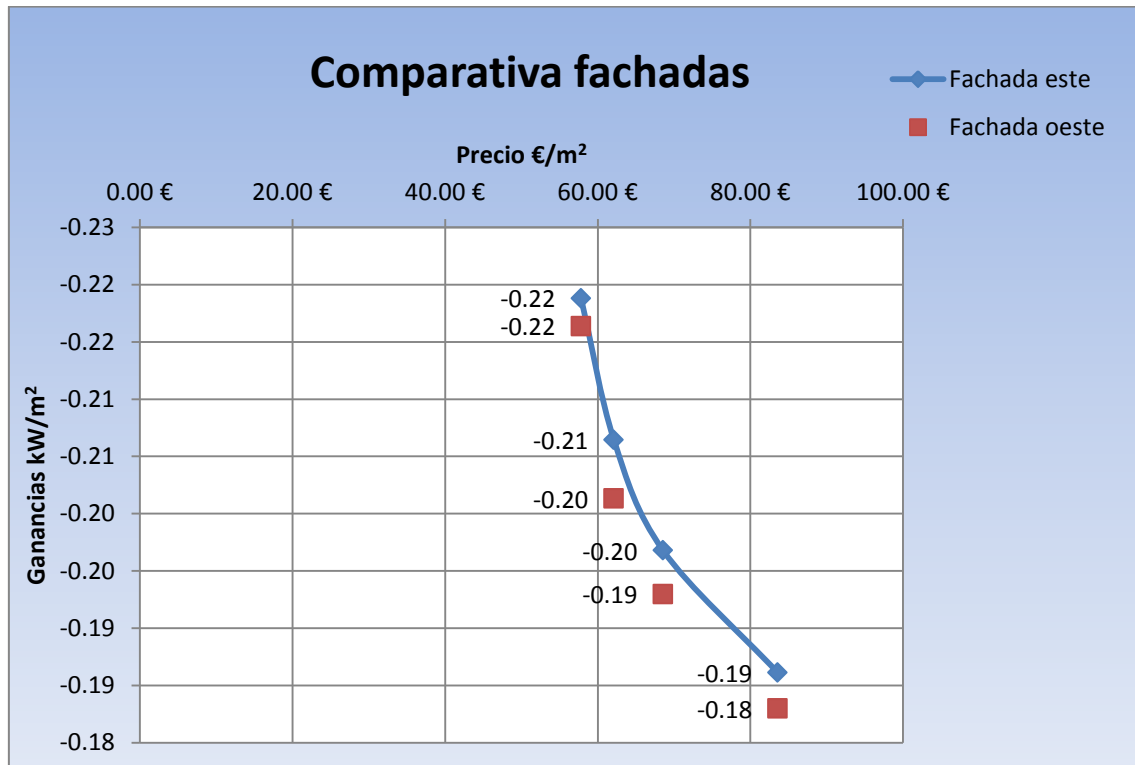
La última columna se refiere a la energía térmica que resta el sistema para todo el período simulado por cada metro cuadrado.

Tabla 1.6.5. Precios y ganancias muros solares.

FACHADAS			
Espesor aislamiento	Precio(€/m²)	Ganancias(kWh)	Ganancias(kWh/m²)
Fachada este			
30mm	57.81 €	-7.1	-0.22
50mm	62.10 €	-6.7	-0.21
80mm	68.54 €	-6.4	-0.20
150mm	83.57 €	-6	-0.19
Fachada oeste			
30mm	57.81 €	-7	-0.22
50mm	62.10 €	-6.5	-0.20
80mm	68.54 €	-6.2	-0.19
150mm	83.57 €	-5.9	-0.18

En la gráfica 1.6.6 se presentan los resultados de ganancias térmicas por metro cuadrado para los meses de verano frente a su precio por metro cuadrado para este material con todos los gastos de instalación y de materiales. Estos precios están calculados para las dimensiones de fachadas del edificio donde se instalará ya que estos precios variarán con el tamaño de la instalación, esto es así por los costes fijos que se mantienen constantes a pesar de que la obra crezca en dimensiones.

Cada uno de los puntos refleja distintos espesores de aislamiento lo que repercutirá en el precio final de este.



Gráfica 1.6.5. Precios y ganancias de fachadas ventiladas este y oeste.

En la gráfica 1.6.6 se representan los resultados presentes en la tabla 1.6.5. El primer dato llamativo es el mayor rendimiento en todos los espesores de muro de la fachada este sobre la fachada oeste. Esto es debido a que por la mañana las temperaturas exteriores son menores y por tanto puede retirar más calor que por la tarde. En la tabla 1.6.5 se observa que el rendimiento de las fachadas ventiladas este y oeste de los muros es mejor a medida que se reduce el espesor de poliuretano, debido al mayor intercambio calorífico producido.

Aunque como se aprecia la variación es muy reducida, se puede concluir que esa es la tendencia, y esto se explica por el hecho de que un menor aislante entre la cámara de aire en circulación y el espacio a acondicionar facilita un mejor flujo de calor a través del muro, lo que se traduce en unas mayores pérdidas caloríficas de los muros con este sistema en el edificio.

Sin embargo para evitar puentes térmicos y a la vista de la reducida variación de energía evacuada entre los valores se concluye que la elección de las fachadas este y oeste sean las siguientes:

Hojas exteriores de 8 mm de espesor, de **fibrocemento** sostenidas por unas estructuras portantes ancladas al muro másico.

Muros portantes (desde afuera hacia adentro) de **corcho expandido, poliuretano y acero** corrugado, del contenedor. **El espesor de poliuretano será de 50 mm** para así evitar puentes térmicos con los demás muros del edificio además de ofrecer un muy buen rendimiento solo superado por el de 30 mm, pero con una diferencia de resultados prácticamente despreciable.

1.6.3.3 Cierre de las Fachadas Ventiladas

Pero a este método en concreto se añadirá una mejora importante para el caso ocupado. Como ya se ha mencionado anteriormente el aire entra por la parte inferior del muro procedente del exterior gracias a una fosa de la anchura del edificio que permite que el aire pase desde el exterior hasta la cámara ascendiendo este hasta la parte superior del muro para así desalojar esta. A la vista de los resultados anuales, en la estación de invierno todas aquellos valores energéticos negativos son pérdidas de calor que restan eficacia a las demás medidas instaladas en el edificio destinadas a calentar este. Teniendo esto en cuenta, se ha buscado una solución a estas pérdidas sin renunciar a la fachada ventilada. Esta solución pasa por instalar compuertas a la entrada y la salida del aire en la fachada ventilada, evitando así este flujo en cualquiera de los sentidos y con ello las pérdidas que esto produce para los meses en los que se necesita calefactar el edificio.

Estas compuertas se cerrarán de manera manual ya que solo será necesario su cierre una o dos veces al año cuando se pase de las estaciones de calor a las frías.

Las compuertas a colocar deberán evitar el flujo de aire a través del muro, por lo que a mayor calidad de estas, mejor funcionamiento producirá el sistema. Para este caso, se decide instalar unas compuertas en la parte tanto inferior como superior de diseño propios. Su apertura y cierre serán manuales, siendo independientes estos mecanismos de accionamiento entre ambas. En los planos situados en el documento 3, sección C, se muestra la disposición de las compuertas y de las fachadas ventiladas.

Con la fachada elegida sin cerrar y durante las estaciones en las que las temperaturas son más bajas, se pierde por cada una de las fachadas ventiladas en el caso de que no se instalaran las compuertas -40289.3379 kWh a lo largo de todo el período. Esto supone alrededor de 7 veces las ganancias que proporciona en verano este sistema. Por lo tanto esta mejora será instalada atendiendo a las siguientes especificaciones:

- De ninguna manera podrá permitirse la entrada de agua, esto se conseguirá con el diseño de las compuertas.
- Las compuertas serán únicas y abatibles, teniendo una amplitud de movimiento de 90° desde una posición horizontal a una vertical y viceversa.

1.6.4 Intercambiadores tierra-aire

Ya conocido el objetivo de este sistema pasivo de acondicionamiento, para el diseño e implementación del sistema, se hace necesario el conocimiento de las múltiples variables. Estas son las propiedades térmicas tanto de los materiales como del medio que rodea la instalación, así como los parámetros cuya variación producirá distintos rendimientos finales.

Para el cálculo de estos conductos se ha utilizado las siguientes ecuaciones²⁹:

1. En primer lugar partimos de una expresión de la que se puede obtener la eficiencia proporcionada entre la entrada y la salida de aire de los conductos a partir del diámetro de estos, su longitud, el coeficiente convectivo de los tubos, la resistencia térmica del suelo, el calor específico del aire, su densidad, la velocidad a la que circulará el aire por ellos. Esta es la ecuación 1.6.2.

$$\varepsilon_{\text{int}} = 1 - \exp \left[- \frac{\frac{1}{1/h_i + R_{\text{sat}}} \pi D l}{m' c_p} \right]$$

Ecuación 1.6.2

2. Con esta eficiencia y la ecuación 1.6.3 siendo conocidas la temperatura exterior del aire y la temperatura a la que se encuentra el terreno a la profundidad seleccionada se obtiene la temperatura a la que sale el aire de los conductos.

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{out}}}{T_{\text{in}} - T_{\text{ground}}}$$

Ecuación 1.6.3

Estos cálculos y la aplicación de estas ecuaciones se hacen necesarios para la obtención de la temperatura de salida de los conductos. El problema está en que deben ser realizados hora a hora para todo un año, por lo tanto teniéndose todas las demás variables hora a hora, se ha implementado una hoja Excel, cuya misión es la obtención de la temperatura de salida de los conductos (que es la de entrada en la vivienda) de cada una de las horas del año. En la hoja Excel se tiene un interfaz en el que se introducen las variables de entrada, con lo que el cambio de cualquiera de ellas produce cambios en la totalidad de los resultados.

También se han calculado en este documento las temperaturas de confort máximas y mínimas hora a hora durante todo el año, lo que proporciona una referencia a la hora de conocer la temperatura a la que se impulsará el aire en la vivienda.

A continuación se muestran las hipótesis tomadas en estos cálculos:

- Las temperaturas del terreno se han calculado como resultado de la inercia térmica de este, siendo esta aproximadamente un promedio de las temperaturas hora a hora de los 30 días anteriores al día en que se va a calcular.
- La resistencia y composición del terreno se toma como homogénea, así como el flujo de aire de entrada.
- Se desprecia el calentamiento por rozamiento del aire con los filtros y la torre de captación de aire.
- Se desprecian las pérdidas de carga debidas a rozamientos, cambios de sección y codos de los conductos.

Las distintas variables que se han tomado como definitivas por su buen rendimiento han sido las contenidas en la tabla 1.6.6:

Tabla 1.6.6. Variables a tener en cuenta en los cálculos de conductos enterrados.

Diámetro	D	0.06	m
Longitud	L	12	m
Coeficiente convección	h_i	20	W/m ² K
Resistencia terreno	R_{sat}	0.01	m ² K/W
Calor específico	C_p	1000	J/kgK
Densidad	ρ	1.2	kg/m ³
Área	A	0.00282743	m ²
Velocidad	V	3	m/s
Flujo másico	\dot{m}	0.01017876	kg/s
Caudal	Q	0.0084823	m ³ /s

Los tubos serán de PVC para así evitar infiltraciones de agua, la profundidad a la que se enterrará el conducto será de 2 metros, profundidad con buen rendimiento y bajo coste para su excavación, la toma de aire será de este mismo material forrado con ladrillo o piedra, para además de aislar y proteger este tramo proporcionar un toque estético a este. La parte superior por donde entrará el aire al tubo distribuidor será en forma de gancho como se dispone en la ilustración 1.6.4 y con filtros que eviten que animales o cuerpos extraños se introduzcan en su interior. Añadir, que la entrada de los conductos en la vivienda se hará por el suelo de estando estos pegados a la pared interior correspondiente al muro norte, y estando la salida tapada con una rejilla.

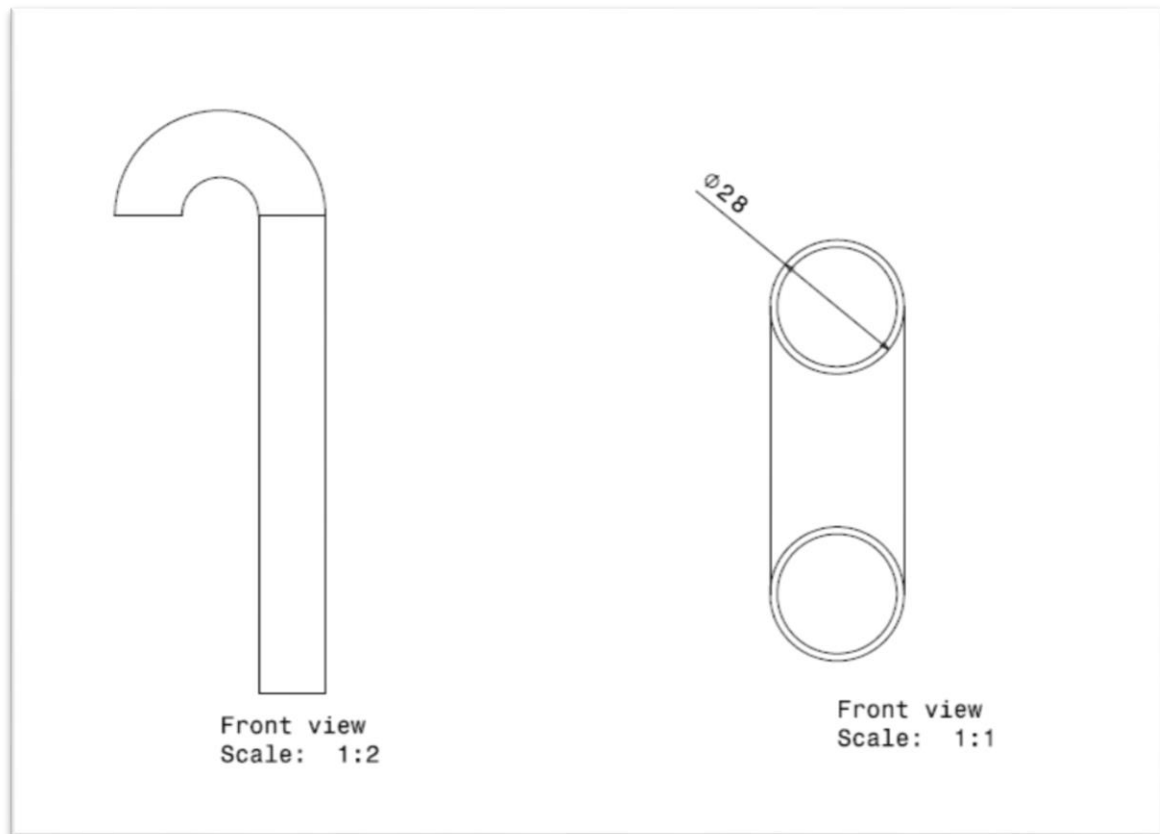


Ilustración 1.6.4. Toma de aire conducto distribuidor.

Los conductos intercambiadores que llegarán al habitáculo tendrán un diámetro de 6 cm y una longitud de 12m. Con este diámetro se evitarán contraflujos, y se permitirá que la temperatura del terreno se transmita de mejor manera a él aire circulante, ya que para diámetros excesivos el aire que pasa por el centro del conducto apenas cambia su temperatura mientras las partes más cercanas a este sí, por lo tanto a menores diámetros mejores resultados.

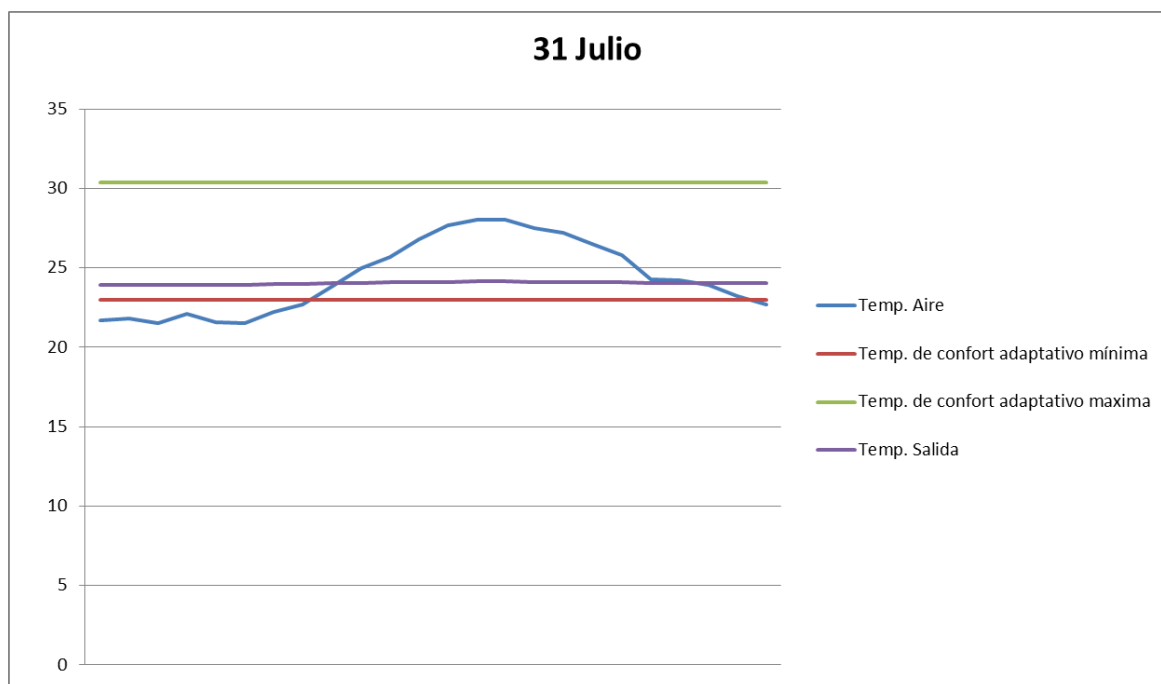
La longitud de los conductos aumenta el rendimiento del sistema acercando cada vez más la temperatura del terreno a la del aire procedente del exterior. La explicación es sencilla, cuanto más tiempo permanezca el aire en los conductos más calor cederá o recibirá (dependiendo de las temperaturas del aire y el terreno), es decir, mayor intercambio energético habrá por lo tanto tiene sentido alargar estos. Los inconveniente de tubos demasiado largos son, por ejemplo el mayor coste que producirá, y la necesidad de tener un mayor terreno ya que aunque pueden ponerse codos, es decir conductos curvos estos producirán un mayor gasto energético y reducirán el rendimiento del sistema, por lo cual lo idóneo es que estos conductos sean rectos en la medida de lo posible. También una excesiva longitud de los conductos necesita de una mayor energía en la impulsión del aire.

Como conclusión destacar que una longitud demasiado pequeña minimiza los resultados mientras que una demasiado grande mejora los resultados pero también su coste, con lo cual, la medida que tras varias simulaciones aporta unos resultados muy poco mejorables y a un coste aceptable es la de 12 m. Con 12 m el aire que entra en la vivienda lo hace prácticamente a la misma temperatura a la que está el subsuelo, y la impulsión mecánica produce un gasto

minúsculo, destacando además que se pueden disponer los conductos rectos evitando pérdidas por rozamiento.

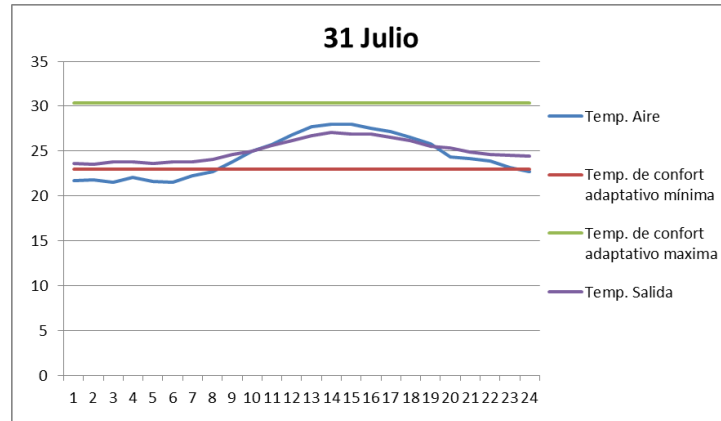
Con estas dimensiones la eficiencia de cada uno de estos sistemas que estén introduciendo aire en el módulo será del 0.975, una eficiencia más que aceptable.

A continuación se muestra en la gráfica 1.6.7, la simulación de un día de Julio en el que se puede ver la temperatura a la que entra el aire en el módulo, la temperatura del aire del exterior y las temperaturas de confort máximas y mínimas. Como se observa se tienen las temperaturas hora a hora, a lo largo de todo el día, observándose que esta se mantiene prácticamente constante. Se aprecia de forma clara como amortigua las temperaturas del aire exterior tanto en las horas más frías como en las horas más cálidas.



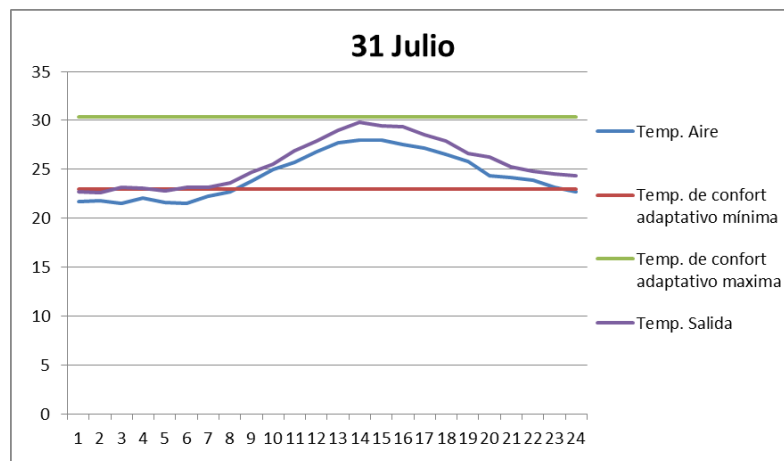
Gráfica 1.6.6. Temperaturas aire para un día de verano.

En las gráficas 1.6.8 y 1.6.9 se muestran los resultados, en primer lugar aumentando el diámetro del conducto, y en segundo lugar acortando los metros de longitud de este.



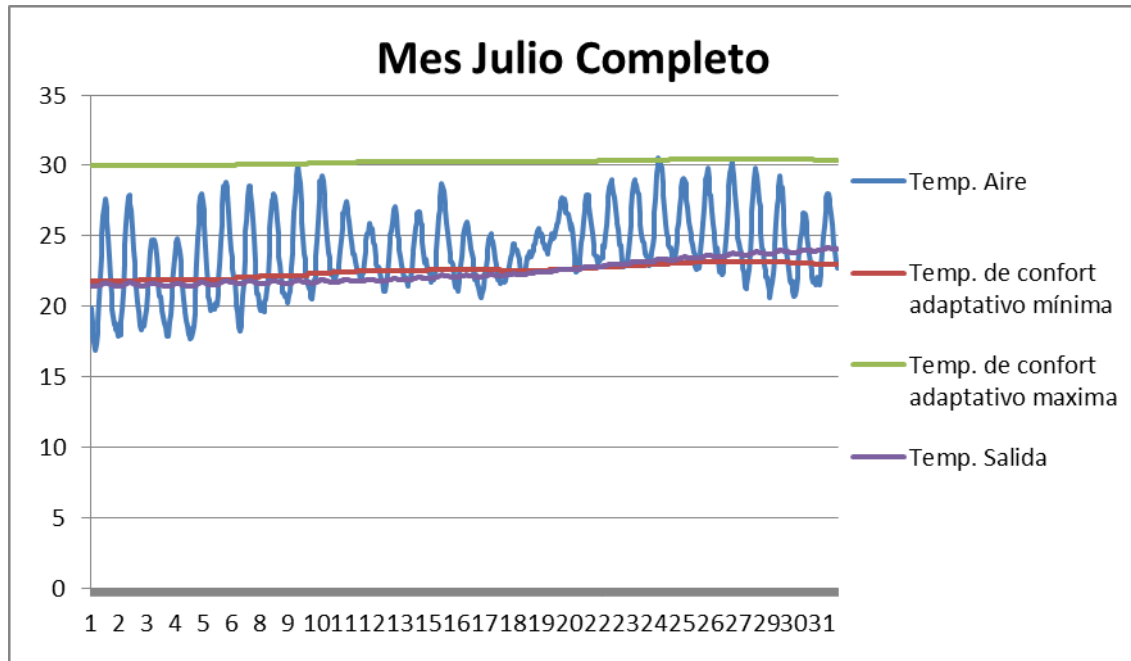
Gráfica 1.6.7. Resultados para tubos de 3 m de longitud.

Aquí la eficiencia se reduce a un 0.603, un valor bastante más bajo, que puede ser observado en la gráfica, se puede ver como se amortiguan las temperaturas pero de una forma mucho más sutil que para los conductos de 12m de longitud que la hacen prácticamente recta.



Gráfica 1.6.8. Resultados para conductos de 1 m de diámetro.

Como se puede observar en la gráfica 1.6.9, los efectos de un diámetro excesivo llegan a ser incluso negativos para los intereses perseguidos. La eficiencia del sistema se ve seriamente reducida, en este caso está en un 0.1992.



Gráfica 1.6.9. Resultados para el mes de Julio completo.

Para el mes completo se observa en la gráfica 1.6.10 la misma tendencia, se amortiguan las temperaturas de forma notable en algunos momentos incluso se traspasa la franja de confort mínima, siendo esto positivo ya que esa temperatura es a la que saldrá el aire del tubo, cuanto menor sea más efectiva será la climatización, teniendo en cuenta que en este caso estamos en pleno verano en la zona elegida.

Por esta razón se hace necesaria la implementación de más de un conducto enterrado para que los resultados sean satisfactorios en el módulo. Se instalará un banco de 20 conductos con entrada directa a la vivienda, y sus estradas de aire estarán situadas en la fachada norte. Un conducto distribuidor, con un diámetro, el cual permita el paso de un flujo de aire equivalente al de los 20 conductos, recibirá el aire del exterior extraído por la fuerza mecánica de un ventilador y será el encargado de distribuir el aire por cada uno de los conductos para que así este llegue al interior de la vivienda. En el documento 3, sección F se muestran los planos y disposición de estos. En los planos no se incluyen los ventiladores, ni los filtros que se dispondrán, así como la compuerta de entrada, los cuales estarán en anexos, y al ser obtenidos a partir de empresas auxiliares se presentará la ficha técnica de cada uno de los componentes.

Se instalarán 20 conductos, se han hecho los cálculos con 10, y aunque la eficiencia aumenta un poco la energía que evacuamos del módulo a lo largo de todo el período es demasiado pequeña, y no cubrirá el objetivo marcado. Por encima de 20, aunque se evacua más calor la eficiencia baja desperdiciándose mucha energía, además de aumentarse su precio.

El conducto distribuidor deberá tener un diámetro que permita el flujo de aire igual a la suma de los flujos de los 20 conductos. Los cálculos indican un **diámetro de 27cm**. Este conducto recibirá aire del exterior y por su otro extremo estará tapado para que así el aire que entre no tenga otra salida que los conductos que llegan al habitáculo. Este aire se moverá gracias al ventilador **AC Axial Fans S Series Ø 25cm** cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo 9. Este

diámetro de ventilador permite una distancia entre la punta de las aspas y el conducto de 1 cm.

A partir de aquí se muestran los resultados que proporciona el sistema, se han analizado una serie de parámetros de los cuales se obtienen distintas conclusiones. Sin embargo, se hace necesario añadir los siguientes datos y supuestos:

- El consumo del ventilador elegido es de 30 W, según ficha técnica.
- La temperatura del interior del módulo de alojamiento para verano se toma de 25°C, cifra que a pesar de no ser del todo real proporciona unos resultados muy orientativos ya que las temperaturas oscilarán en torno a esta, tanto por encima como por debajo.
- El volumen del interior del módulo es de 148.5 m³.
- El aire se renueva con el flujo de los 20 conductos poco más de unas 5 veces por hora, cifra muy positiva ya que suple las necesidades de ventilación sin que se lleguen a notar las corrientes de aire que restan confort al interior del módulo.
- El sistema solo dejará pasar aire cuando la temperatura del aire exterior sea mayor que la del interior de los conductos en el modo verano, con esto se logra que todo el aire que pase por los conductos ingrese siempre a menor temperatura que el aire exterior, viceversa en el modo de funcionamiento de invierno, en su caso.

El control de la temperatura se realizará con un sensor de temperatura cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo 6, es el ya mencionado LM35. Este irá instalado junto una placa Arduino que será la encargada de procesar la información procedente del sensor y enviar una señal al actuador, que en este caso será el motor o servomotor que cerrará la compuerta de entrada de aire a la vivienda. Esta compuerta, junto con su servomotor está descrita en el anexo 10. Añadir que la compuerta tiene un diámetro de 31,5 cm, en comparación con los 27 del conducto, por lo tanto habrá un cambio de sección en la parte donde se instala el conducto y una vez pasa la compuerta el conducto se reduce al diámetro de 27 cm donde se instalará el ventilador.

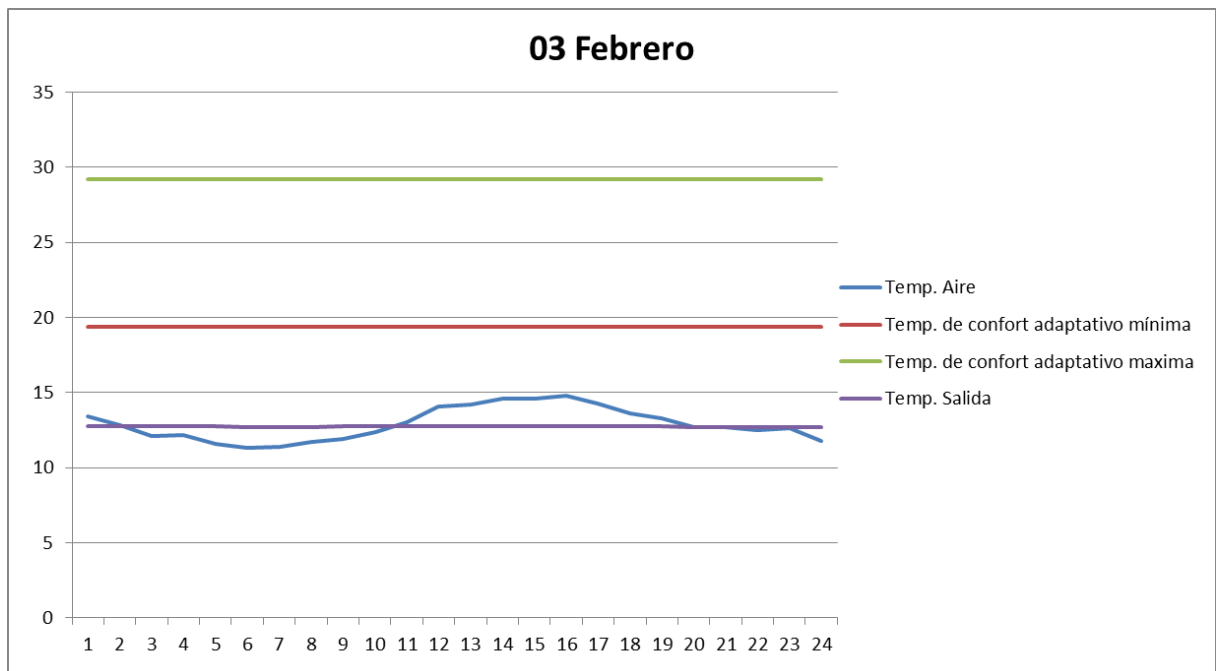
El calor evacuado del interior del módulo de alojamiento a lo largo de todo el período es de **948.249 kWh**, para los meses de junio, julio, agosto y septiembre. En refrigeración el rendimiento de los sistemas se mide por medio del **COP (Coefficient of Performance**, en español coeficiente de operatividad), este coeficiente se obtiene a partir de la relación entre el calor evacuado, es decir la energía que produce el sistema y que aprovechamos y el que necesitamos gastar para que el sistema funcione, en este caso la energía destinada a alimentar el ventilador, si este valor es negativo no es conveniente la instalación del sistema ya que gastamos más energía de la que producimos. En este caso el **COP** total para todo el periodo es de **20.3**, un valor muy positivo que indica que el sistema genera bastante más energía de la que consume.

A pesar de estos buenos resultados surge un problema, como ocurre con muchas de las energías renovables, y es que esta energía producida es total, sin embargo y a partir de la demanda energética de refrigeración del edificio, hora a hora, se aprecia que la energía no se obtiene siempre en el momento que hace falta. Esto quiere decir que habrá momentos en que la energía necesaria para suplir la demanda será suficiente, y habrá momentos en los que no,

por lo tanto no toda la producción energética en el período será aprovechable, es en este momento cuando se introduce de nuevo el ya mencionado Factor de Utilización que en este caso se obtiene a partir de la división entre la energía total real que se aprovecha y la energía total que produce el sistema. La energía real que se aporta es igual a la suma entre la demanda en cada momento y la energía que se aporta en cada momento por lo tanto hora a hora se suman y al final se obtiene el calor total que ha suplido la demanda. El **Factor de Utilización**, para la instalación es de 0.33, es decir solo se aprovecha el 33% de la energía que se produce, es bajo aunque por otra parte hay que tener en cuenta que es energía prácticamente gratuita y que significa un importante aporte energético para la vivienda ya que el calor que se retira del interior realmente es de **312 kWh** para todo el período, siendo la demanda para este mismo tiempo de 1378.5 kWh.

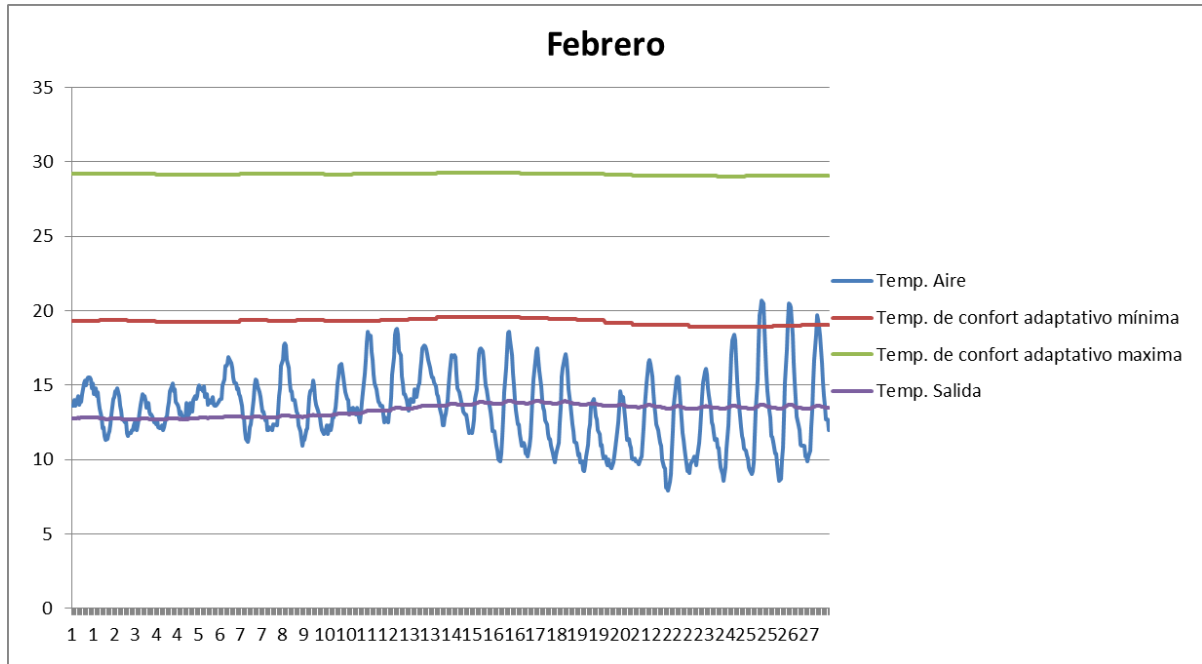
1.6.4.1 Conductos enterrados en invierno

Para terminar con este apartado destacar que para invierno los conductos permanecerán cerrados por los negativos resultados que proporciona. Esta afirmación puede ser comprobada de forma ilustrativa en la Gráfica 1.6.11, la cual muestra claramente cómo se amortigua la temperatura exterior, aunque a pesar de ello el aire está muy por debajo de la temperatura de confort mínima. Con lo cual se decide que no es viable para los meses fríos concluyéndose así que solo se use el sistema en verano, y cuando reporte valores positivos.



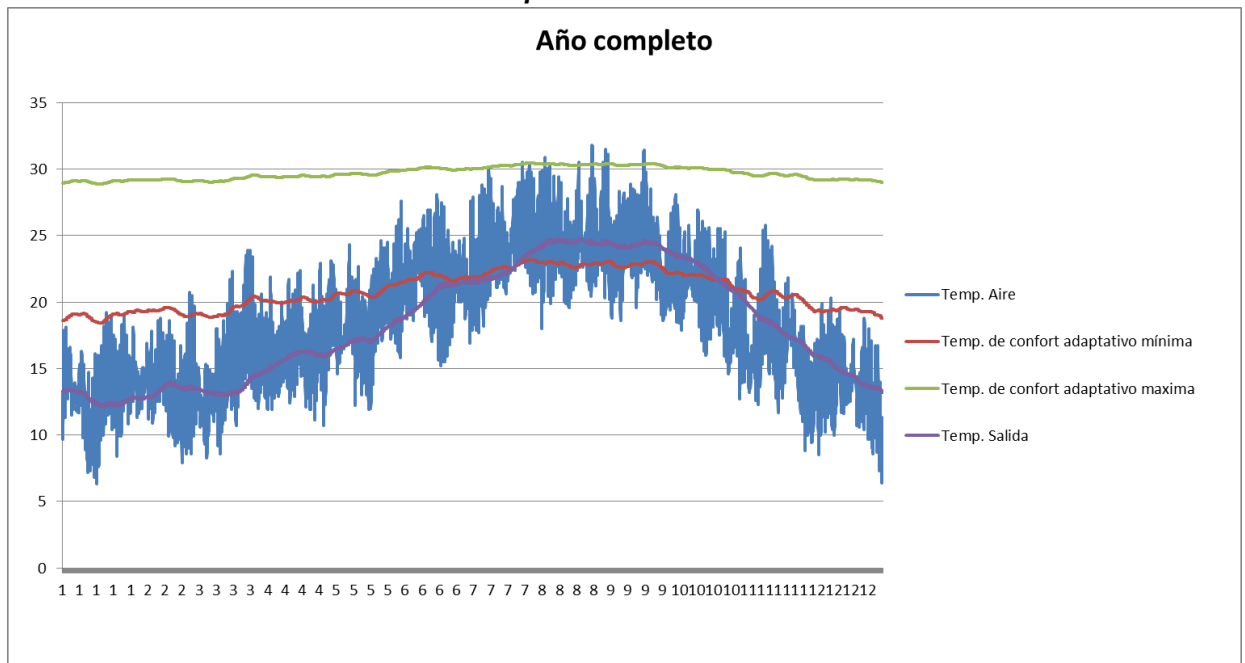
Gráfica 1.6.10. Resultados para un día de invierno.

Para comprobar que este no es un hecho aislado de un día de invierno se simula todo el mes de febrero y se muestran los resultados en la gráfica 1.6.12. En ella se observa la misma tendencia que para el día 3 de febrero, confirmándose la afirmación anterior.



Gráfica 1.6.11. Resultados para el mes de Febrero completo.

1.6.4.2 Conductos enterrados año completo



Gráfica 1.6.12. Resultados de temperaturas de salida de todo el año.

En la gráfica 1.6.11 se muestra los resultados para todo el año, con este análisis se confirma que este método no es viable en los meses fríos. Aunque en verano no importa que la

temperatura del aire de entrada esté por debajo de la temperatura mínima de confort, ya que esa no será la temperatura a la que estará el interior del módulo. En invierno se darían demasiadas pérdidas que no se pueden permitir, con lo cual en invierno las compuertas permanecerán cerradas. También se puede apreciar con más nitidez el enorme efecto amortiguador de los cambios de temperatura del aire que produce este sistema, mostrándose como una solución efectiva en concepto de refrigeración.

1.7 COMBINACIONES DE SISTEMAS PASIVOS

Tras la obtención de resultados de los distintos sistemas por separado sobre el edificio, se opta por realizar distintas combinaciones de estos con el fin de mejorar los beneficios que estos aportan. La idea es disponer estos sistemas en cadena, aunque no es posible la combinación de todos. Se han seleccionado, los que tras el estudio individual, se pueden considerar como “acoplables”, es decir que su disposición conjunta puede proporcionar resultados mejores que ambos por separado.

INVIERNO

1. **Trombe con lamas:** en realidad no se puede considerar una combinación de dos sistemas pero se incluye en este apartado, porque es una combinación de elementos que varían el rendimiento final del sistema.
2. **Trombe con lamas y con conductos enterrados:** un sistema más implementado en cadena con el anterior.
3. **Trombe con conductos enterrados.**

VERANO

1. **Conductos enterrados con evaporativo.**
2. **Fachada ventilada creada por persiana.**
3. **Fachada ventilada con tubos enterrados.**
4. **Fachada ventilada con tubos enterrados con evaporativo.**

1.7.1 **Invierno**

La referencia que se tiene para la comparación de los valores obtenidos es el rendimiento producido por el muro Trombe sin combinar con ningún otro sistema acoplado. El muro **Trombe con vidrio doble ($U=3.3$), y muro interior de corcho- 50mm de espesor y acero produce 522862.6 Wh** a lo largo de todo el período simulado, el cual es desde noviembre a marzo.

1.7.1.1 **Trombe con lamas**

Las lamas son unas solapas que colocadas en la fachada, regulan la cantidad de radiación que incide en esta. Son también los llamados dispositivos de sombra. El sistema Trombe es idéntico lo único que se ve alterado es el exterior del vidrio del Trombe que tendrá estas lamas delante.

Se puede decir que es muy probable que el rendimiento sea inferior al del muro Trombe sin estos elementos ya que por poca sombra que se produzca gracias a un buen ángulo de inclinación, está, siempre será inferior al elemento sin ningún cuerpo extraño delante que disminuya la cantidad de energía de la cámara.

El estudio de este caso ya fue realizado en el proyecto “Sustainable Lodging Unit System”³⁰. Por lo tanto los cálculos de los factores solares y demás variables de las que depende el cálculo de los ángulos de incidencia, estarán contenidos en este proyecto.

Para la simulación solo se han teniendo en cuenta las lamas situadas en la superficie vertical y en la correspondiente al muro Trombe. Ya que el procedimiento para simular el Trombe con las lamas es introducir los datos de la radiación que pasa a través de ellas en el programa Sihnor. Estos datos que se introducen para el caso con lamas en el programa, para el caso de muro sin lamas, son simulados según la zona donde se simule por el programa, que contiene las bases de datos de la Agencia Estatal de Meteorología.

Los datos de la radiación que pasa a través de las lamas se obtienen de los cálculos del proyecto anteriormente mencionado, y estos cálculos implementados en una hoja Excel para así poder obtener los datos de la radiación hora a hora durante todo el año (que es lo necesario como variable de entrada para poder simular en el programa de Ruiz).

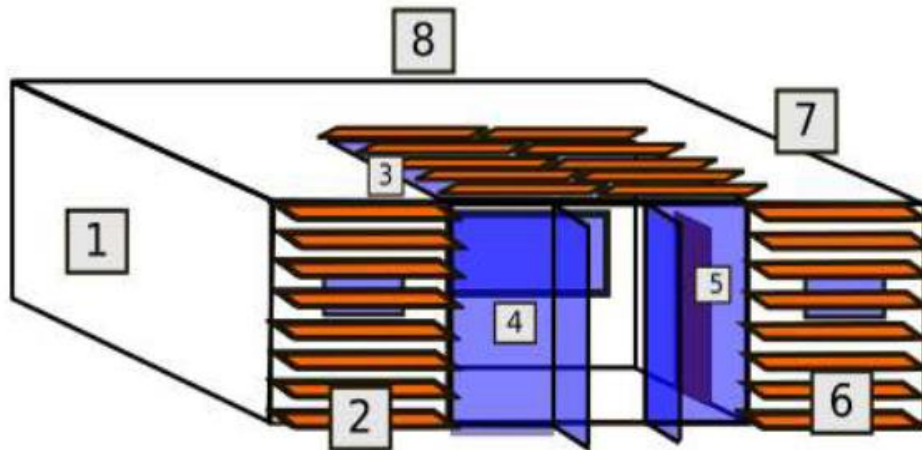


Ilustración 1.7.1. Vivienda con las lamas instaladas (los resultados son los procedentes de las lamas en paredes verticales).

El muro Trombe con las lamas disminuye el rendimiento del sistema como bien se sospechaba. Para las mismas condiciones pero con la única variación de las lamas el muro produce **123277.4 Wh**, un valor muy inferior al calculado anteriormente, por lo tanto se **descartan las lamas como elemento a instalar**, justificándose esta decisión por el mayor coste que el Trombe sin ellas, y sobre todo por su bajo rendimiento.

1.7.1.2 Trombe con conductos enterrados

El aire entra a través de la toma de aire de los conductos, llega a la cámara Trombe (con la compuerta inferior cerrada y la superior abierta). El movimiento del aire en el recorrido será forzado o natural, ya que cuando no haya flujo se activará el ventilador de los conductos. En la cámara se calienta, asciende y entra por la parte superior de la cámara como aire de calefacción. La ilustración 1.7.2 describe el funcionamiento de forma visual.

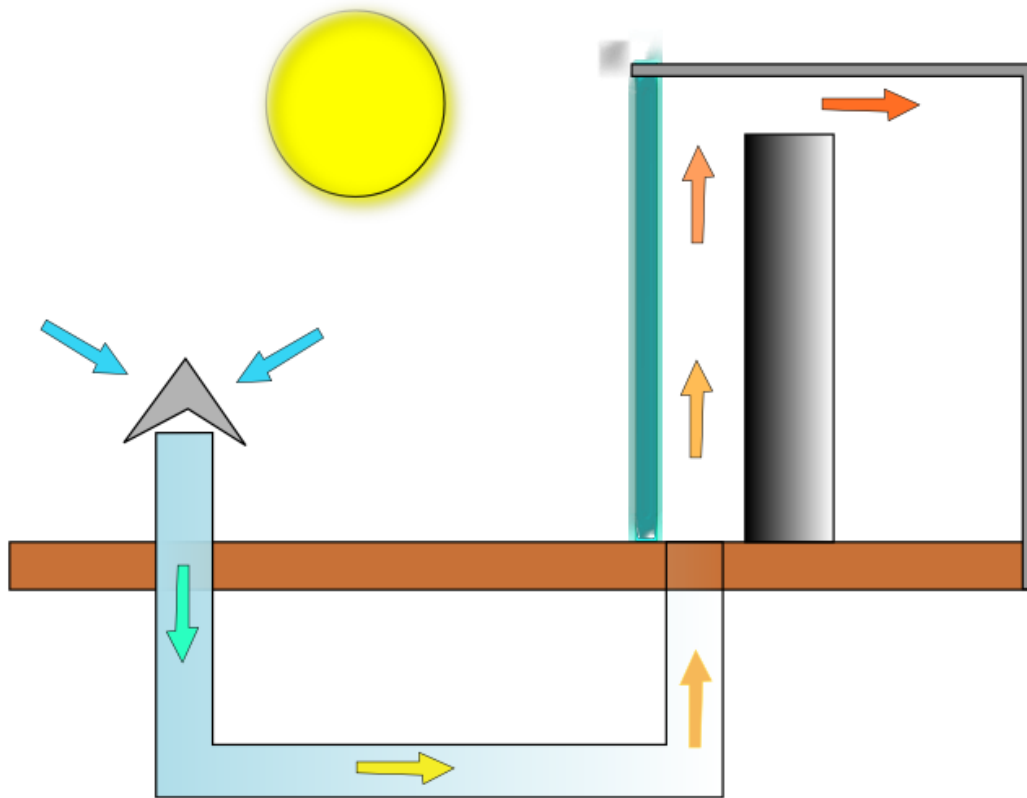


Ilustración 1.7.2. Esquema gráfico combinación muro Trombe y conductos enterrados.

Esta combinación proporciona **199617.9 Wh**, menos de la mitad de lo que proporciona el Trombe convencional, aunque realmente los valores no son comparables, porque el aire que entra al interior puede considerarse de ventilación mientras que el del Trombe convencional no.

Como conclusión final se puede descartar la combinación de conductos enterrados con Trombe por las siguientes razones:

- La principal razón es la cantidad de variables que se desconocen, como la estanqueidad del edificio, que aun siendo del 100%, caso imposible aunque el más favorable para el interés del sistema, no aporta resultados fiables del calor aportado bajo estas condiciones.
- En el edificio entra aire de ventilación por muchos puntos, las llamadas infiltraciones, (enchufes, ventanas, puertas, etc...), por lo tanto esta ventilación sumada a la ya proporcionada por la combinación hace que el aporte energético del sistema se reduzca más aún.
- Conocimiento previo de que el rendimiento será menor que el del sistema recirculado, por la excesiva y continua circulación de aire.

En definitiva demasiados supuestos que contemplar, que hacen que cualquier número a tener en cuenta sea irreal.

1.7.1.3 Trombe con lamas y conductos enterrados

Al sistema Trombe con lamas se le acoplan los conductos enterrados. En este caso la compuerta inferior del muro Trombe permanecerá cerrada y la superior abierta, con lo cual el aire que entrará a la cámara Trombe procederá del interior de los conductos con el pretratamiento que esto supone. Este aire procedente de los conductos, pasa a través de la cámara creada por el cristal y el muro del edificio, calentándose en ella y entrando al habitáculo por la compuerta superior del muro Trombe. En la ilustración 1.7.3 se muestra una imagen esquemática del sistema y de su funcionamiento.

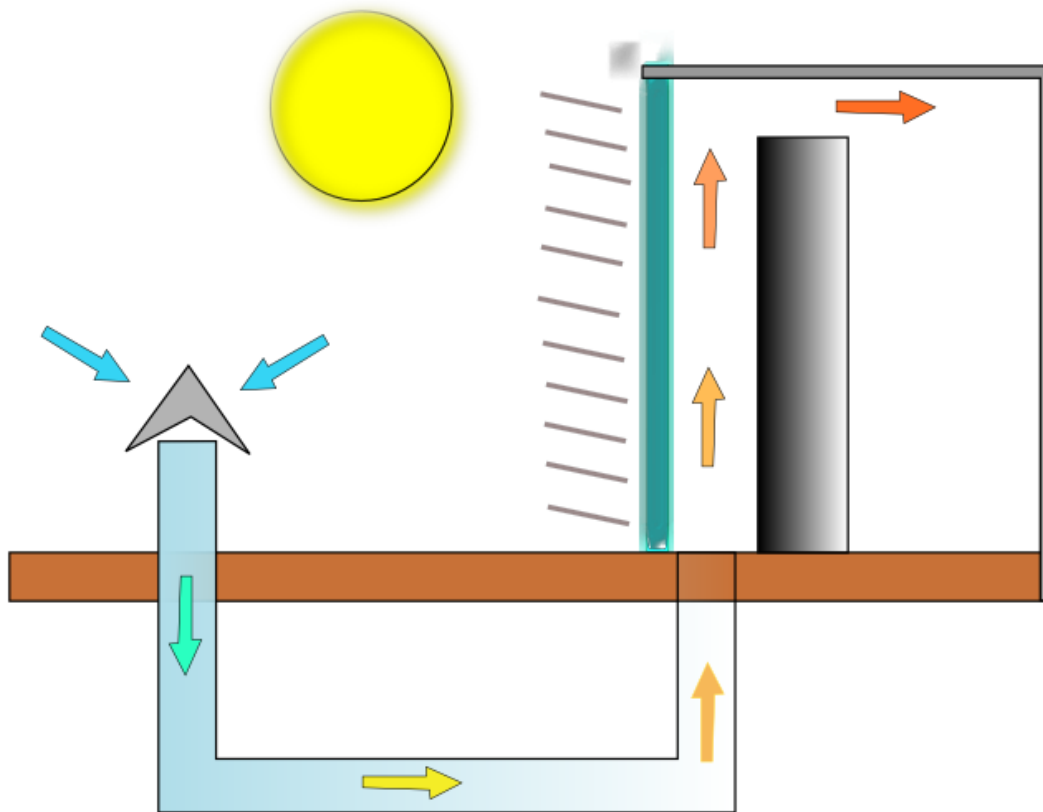


Ilustración 1.7.3. Esquema gráfico combinación muro Trombe con lamas y conductos enterrados.

Este sistema, encadena dos de los anteriores, y en vez de mejorar el rendimiento lo disminuye en gran medida, tanto que se llega a incurrir en pérdidas. Este hecho se produce principalmente por la no recirculación del aire. En el muro Trombe el aire del interior está continuamente entrando en la cámara y calentándose, esto no ocurre con los tubos enterrados ya que el aire continuamente es nuevo y por lo tanto este no puede alcanzar la misma temperatura que el anterior.

Este hecho tiene la ventaja de la continua ventilación de la vivienda con aire pretratado pero tiene un mayor inconveniente, que el interior de la vivienda permanece sin acondicionar.

Tanto los conductos como las lamas aportan pérdidas al sistema Trombe.

Con lo cual esta combinación queda **descartada**.

1.7.2 Verano

1.7.2.1 *Conductos enterrados con evaporativo*

Una vez explicados los conductos enterrados y como se instalarán en el módulo de alojamiento, se propone una mejora fruto de una combinación de medidas pasivas.

En este caso, se combinarán los conductos, con muy buenos resultados por si solos, con un método evaporativo. Esta solución persigue bajar la temperatura de salida de los conductos más aún para que ingrese en el habitáculo y aumentar así la potencia refrigeradora de estos sistemas. Para ello el objetivo restar energía térmica al aire que ya ha pasado a través de los conductos y ha sido enfriado tras este proceso hasta una cierta temperatura. Los métodos evaporativos extraen energía del aire, para usarla en el proceso de evaporación del agua, por lo tanto además de enfriar el aire lo humidifica.

Uno de los problemas que surgen es que el aire no puede ser humidificado hasta que sature, pues además de depositarse agua en el interior de la vivienda, produce una sensación desagradable para los ocupantes, para ello hay unas humedades relativas (cantidad de vapor de agua en el aire) que se denominan de confort, que se han tenido en cuenta a la hora de implementar este sistema y a partir de las cuales la parte evaporativa del sistema cesa su funcionamiento³¹.

La humedad relativa que consideraremos de confort para este proyecto, será del 70%, teniendo la humedad relativa tolerada por el cuerpo humano un rango bastante amplio que va desde el 20 al 75% como bien se recoge en la norma³². El funcionamiento del sistema se muestra esquemáticamente en la ilustración 1.7.4:

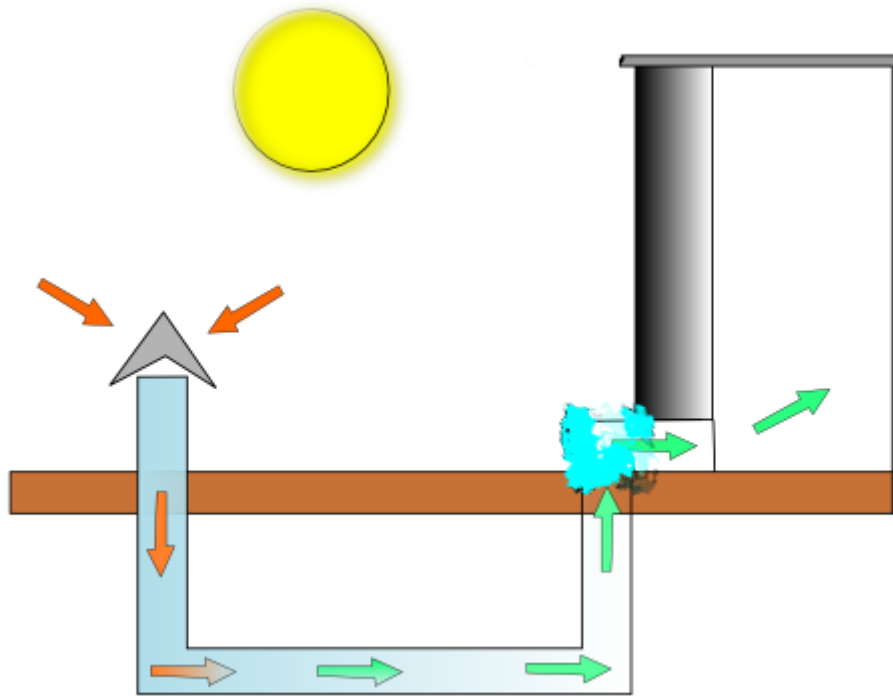


Ilustración 1.7.4. Combinación conductos enterrados y evaporativo.

El recorrido que realiza el aire es el mismo que en los conductos enterrados, sin el acople del evaporativo, con lo cual no es necesario volverlo a describir, todos los componentes permanecen en el mismo lugar, la diferencia fundamental radica en el tramo final del conducto.

Antes de que el aire abandone el tubo, se instala un micronizador. Un micronizador es un inyector que pulveriza líquidos (en esta caso agua), con espesor de gota inferior a 60 micras, creando una nube de partículas.

El micronizador pulverizará el caudal necesario para que toda el agua quede transformada en vapor de agua sin que el aire que entra a la vivienda aumente del 70% de la humedad relativa. Para ello se tiene un sensor de humedad y temperatura antes de la llegada del aire a la parte del conducto donde se encuentra el micronizador y en el interior del edificio (por si no es necesario ingresar más aire para el acondicionamiento, y cerrar la compuerta del distribuidor). La cantidad de caudal también se calcula a partir de los datos obtenidos de los sensores para que no quede agua líquida en los tubos. Los cálculos se han realizado hora a hora para todo el período de verano, aportándose la temperatura a la que sale el aire tras el evaporativo, o en el caso de que no se pueda humidificar por alta humedad del aire exterior, con el valor de la temperatura del aire, sin que los micronizadores estén activados.

Los sensores elegidos son DHT22, sensores de humedad relativa y temperatura descritos en el anexo 11. Este sensor recoge los datos y mediante una placa Arduino se creará un controlador, que dé la orden electrónica a los actuadores, que serán tanto el servomotor de cierre y apertura de la compuerta del distribuidor como la pulverización de agua.

Los nebulizadores, serán los encargados de aumentar la humedad, y por lo tanto se encargarán de la impulsión del agua. Estos sistemas crean una nube de agua con micro gotas del orden de unas 10 micras, un kit de refrigeración evaporativa de exteriores puede traer suficientes sistemas para la instalación del módulo completo. En el anexo 12 se muestra un kit comercial que será el adquirido para la instalación que procede.

El sistema de conductos enterrados con evaporativo retira del módulo una energía de 374.6kWh, es decir, 62.6 kWh más que los conductos enterrados por si solos. Siendo el factor de utilización de este sistema de 0.23, es decir el 23% de la energía que proporciona este sistema es aprovechada.

1.7.2.2 Fachada ventilada creada por persiana

El muro Trombe, colocado en la fachada con orientación sur del edificio es una medida de acondicionamiento, cuyo beneficio es obtenido durante el invierno, siendo en verano un punto de pérdidas incluso con el cierre de las escotillas, ya que con este cierre se comportaría como un muro solar, aportando también calor a la pared.

Para resolver este problema, en esta fachada situaremos mecanismos que con un simple gesto puedan pasar a ser componentes de sombra. Tendremos dos posibles casos, unas persianas que bajaran en verano creando una fachada ventilada, ya que aporta la sombra necesaria para que estos muros no se comporten como muros solares, y por otro lado unas lamas que tendrán una posición de abiertas (que permitirá el paso de radiación) y por otro lado la posición cerrada (no permitirá el paso de la radiación) como las evaluadas en el apartado 1.7.1.

Para el caso estudiado y los resultados obtenidos, en este apartado no importa si es de lamas o de persiana ya que ambas soluciones serán del mismo material Aluminio Térmico R-45, y este caso comporta la parte en la que están cerradas, es decir, siendo útiles como elementos de sombra. Sin embargo, como ya se confirmó en el apartado 1.7.1.3 las lamas quedan descartadas, por lo tanto se instalará la persiana. En el Anexo 13 se encuentra la ficha técnica de la persiana, añadir que a la parte correspondiente al hueco de la ventana se cortarán dos lamas por cada una que se deja para así permitir el paso de radiación y ventilación hacia el interior del módulo. Además los bordes resultantes del corte serán pulidos y cubiertos para su mejor resultado estético, y así evitar la existencia de filos cortantes, u posibles puntos de atasco. Esta transformación queda reflejada en el documento 3 en las secciones D y E.

En la ilustración 1.7.5 se muestra el funcionamiento del sistema de forma esquemática.

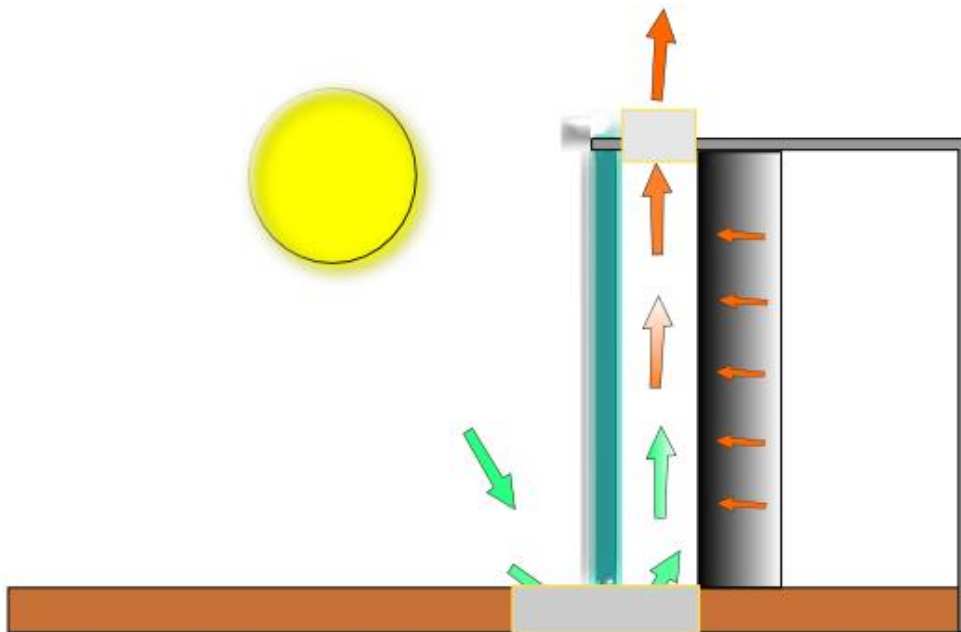


Ilustración 1.7.5. Funcionamiento esquemático fachada ventilada creada por persiana.

El funcionamiento es idéntico al de las fachadas ventiladas que están en los muros este y oeste, lo único que cambia en este caso es la composición de la hoja exterior compuesta por el vidrio del muro Trombe y la hoja de la persiana.

La parte superior del muro Trombe ya sea con persiana o con lamas tendrá un mecanismo de apertura, con el cual se permitirá al aire de la cámara salir al exterior, y que se produzca con ello el conocido efecto chimenea que proporciona los resultados a la fachada ventilada, refrigerando la parte de muro en contacto. Este mecanismo será también manual al igual que el cierre y apertura tanto de las lamas como de la persiana, ya que solo será necesaria su apertura o cierre en cambios de estación.

Ambos producirán los mismos resultados de ganancias para la posición cerrada ya que serán tanto la persiana como las lamas de materiales idénticos, y similares espesores. Para realizar la simulación se ha usado un programa creado por Ruiz²³, y se han tomado los siguientes supuestos:

- Se ha ignorado el espacio de aire existente entre la persiana y el cristal doble del muro Trombe, este supuesto hace que los resultados reales sean mejores de lo que el simulador muestra.
- La simulación ha sido realizada únicamente para el caso elegido:
 - Muro Trombe cuya cámara tiene un espesor de 10 cm, y cuya luna será de vidrio doble [$U=3.3W/m^2K$], cuyo espesor será de 6 mm de vidrio, 4 mm de aire estanco y por último otros 6 mm de vidrio. El aire entre las dos capas de

vidrio tampoco se ha tomado en cuenta a la hora de la simulación lo que dará unos mejores resultados en la realidad.

- Muro de la pared elegido en apartados anteriores.
 - Las escotillas estarán cerradas.
 - Tanto la persiana como las lamas serán de aluminio térmico R-45 de un espesor de 8.3mm.
 - El caso solo se simula para los meses considerados de verano, es decir desde junio hasta septiembre.
- Se desprecian los rozamientos debidos al paso del aire por los codos, cambios de sección o filtros y pasos a través de las compuertas que comunican la cámara con el exterior para evitar la entrada de cuerpos extraños e incluso pequeños animales.

Una vez señaladas las hipótesis bajo la que se sostendrán los cálculos realizados, se presentan los resultados obtenidos:

Cada uno de los muros Trombe con su adaptación para verano produce unas ganancias, en este caso negativas, por ser perdidas de calor del edificio, de -6886.02 Wh, por cada área de 2.5 m². En total son 4 muros Trombe por lo tanto la cantidad total en kWh es de **-27.5kWh**.

Esta sería la cantidad bruta de calor que eliminaría del edificio la parte sur de este a lo largo de todo el período de verano. Para tener un valor comparativo con los demás sistemas y combinaciones se obtienen los valores de Wh por cada metro cuadrado, **-2754.4 Wh/ m²**.

En este sistema las compuertas referentes a muro Trombe permanecerán cerradas, mientras que en la fachada ventilada (al igual e que en las fachadas de los muros Este y Oeste secciones 1.5.2.1 y 1.6.3, esta llevará compuertas de apertura y cierre para mejorar su rendimiento), quedarán abiertas para la libre circulación del aire con el efecto de refrigeración de la fachada por la que pasa.

1.7.2.3 Fachada ventilada y conductos enterrados

En este punto se ha simulado el comportamiento de la fachada ventilada creada en el apartado anterior, en combinación directa con los conductos enterrados.

En la fachada ventilada funciona haciendo pasar el aire por una cámara de aire existente entre el muro del edificio y esta, calentándose el aire de la cámara y propiciándose su ascenso como si de una chimenea se tratase hasta expulsar este aire caliente. Esto crea una corriente de aire que no debería necesitar ventilación mecánica, la cual refrigera el muro del edificio. Sin embargo, para el caso estudiado y por la longitud de los conductos, se mantendrá la impulsión mecánica de estos.

Los resultados que producen los conductos enterrados por si solos han sido también objeto de estudio en anteriores apartados, y se trata de un pre tratamiento del aire para reducir o aumentar su temperatura de este por intercambio calorífico entre el suelo y el aire.

En este apartado se han combinado los anteriores sistemas y por lo tanto, el aire de alimentación del muro, no proviene directamente del exterior, sino que en un esfuerzo por

mejorar los resultados, se ha optado por situar en la entrada la salida de los conductos enterrados, así este aire ya ha sido pre-tratado anteriormente y entra en la cámara a una temperatura mucho menor de lo que lo hará si este proviene del exterior.

En la ilustración 1.7.6 se tiene un esquema del funcionamiento, el aire se enfría por los conductos y una vez en la cámara restará calor al muro con el que esté en contacto.

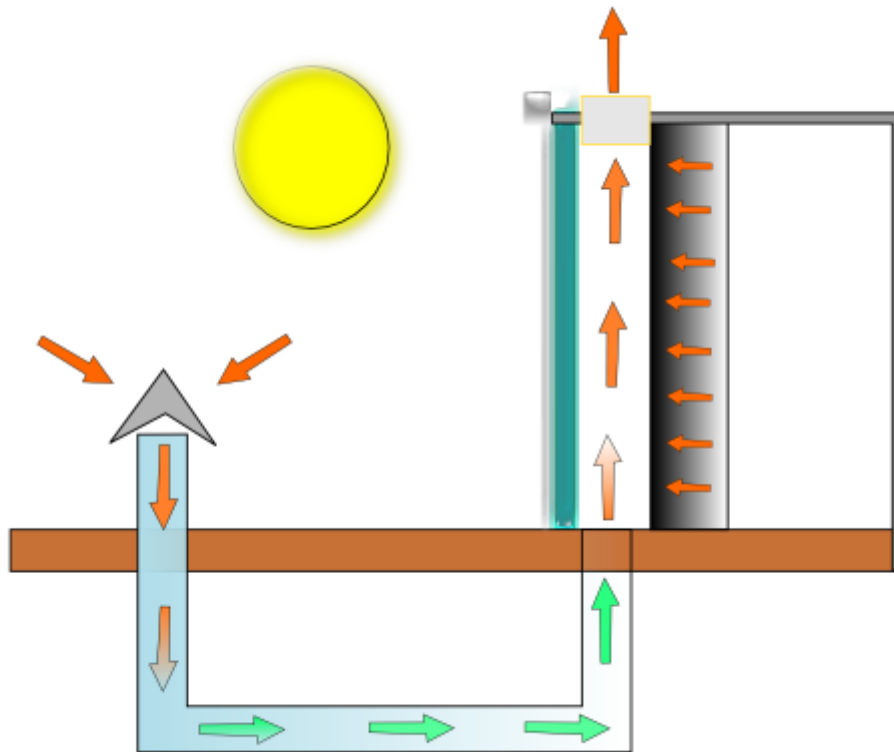


Ilustración 1.7.6. Combinación fachada ventilada y conductos enterrados.

Este sistema tendrá una compuerta a la entrada del conducto distribuidor, a cual al cerrarse cortará el flujo de aire de los conductos y otra a la salida de la cámara formada por la fachada ventilada al exterior, para así poder controlar el sistema y poder cerrarlo en invierno para no incurrir en pérdidas.

Aunque este sistema se instalará en las fachadas ventiladas creadas con persianas, que en invierno son muros Trombe, también serán instaladas en los muros Este y Oeste. Con ello se incrementa el potencial de refrigeración del edificio, necesario en una zona como es la provincia de Cádiz en pleno verano.

El sistema es idéntico en las fachadas sur y este y oeste con la diferencia la hoja exterior en la fachada sur es una persiana y el vidrio del Trombe y en las otras dos los paneles de fachada ventilada ya descritos en la sección 1.6.3.

El funcionamiento de la fachada ventilada sin ninguna combinación se realiza con un flujo másico que será el que deberán aportar los conductos enterrados para que los resultados sean

fiables. Se calcula que con el flujo másico aportado por un conducto de las dimensiones de los conductos definidos en el apartado 1.6.4 y mostrados en el documento 3 sección F, se cumple la necesidad de 1 metro de base fachada ventilada en un 99.3%. Por lo tanto, se puede decir que se destinarán 16 enterrados a las combinaciones con fachada ventilada, 6 en la fachada este (ya que mide 6 metros) otros 6 en la oeste y 4 en la fachada sur (donde habrá 4 metros de fachada ventilada con persiana). En este banco de conductos será como el de los conductos enterrados que entran en la casa la disposición en este caso será a 12 metros delante del módulo, (mientras que los otros eran por detrás de este), la única diferencia es que como los conductos ahora van en distintas fachadas habrá que poner tubo con disposiciones inclinadas, evitándose los codos para reducir las pérdidas de carga. Al ser 16 conductos el conducto distribuidor debe tener un diámetro de 24 cm, el ventilador para usado para los conductos calculados en el apartado 1.6.4 es de 25 cm de diámetro, por lo tanto no cabría. La solución adoptada es poner el tubo distribuidor igual al del apartado mencionado, esto aumentará el flujo y se mejoraran los resultados al haber un mayor flujo, no se ha llegado a calcular pero se sabe que se está del lado de la seguridad. Esta sobredimensión realizada tiene una influencia despreciable en el coste final. La definición restante del sistema de conductos es idéntica a la del apartado 1.6.4.

Los resultados son proporcionados por el simulador Sihnor²³, como bien se ha explicado en otros apartados este simulador da los valores en Wh para un área igual la altura proporcionada, en este caso 2.5, y una anchura de 1 metro. En este caso se está proporcionando para un área de 2.5m².

Para la fachada ventilada creada por la persiana y para el área indicada anteriormente el sistema retira -16282.42 Wh como habrá 4 sistemas de este tipo en la fachada sur, se puede multiplicar este valor por cuatro con la seguridad de que cada uno tiene el mismo rendimiento.

En total la fachada sur aporta **-65.1 kWh** en refrigeración, o **-6513 Wh/ m²**.

Las fachadas este y oeste proporcionan para el área indicada, -18804.57 Wh, siendo el área total de cada fachada de 6 m por la altura de 2.5 m, por lo tanto se puede conocer el rendimiento de cada fachada, que es de **-112.8 kWh**, es decir, **-7521.8 Wh/ m²**.

Para concluir este apartado se exponen los Wh de refrigeración que proporciona este sistema en total, para ello se sumaran los resultados de la fachada Este, la fachada Oeste y la fachada Sur.

Energía de ahorro en refrigeración por Fachada ventilada más conductos: -290784.6 Wh.

1.7.2.4 Fachada ventilada, conductos enterrados y métodos evaporativos

Además de la combinación realizada por la fachada ventilada y los conductos enterrados, se propone una medida pasiva más que en combinación con las anteriores puede producir un incremento notable del rendimiento del sistema final.

Se trata de implementar en la salida de aire de los conductos enterrados y en la entrada de la cámara de la fachada ventilada unos nebulizadores de agua que expulsan el agua necesaria para elevar la humedad del aire hasta una temperatura próxima a la de saturación y bajar así la temperatura de este para su posterior paso a través de la fachada ventilada.

Con esta combinación se consigue que la temperatura del aire que está pasando por la cámara tenga una temperatura inferior a la que tendría el aire sin humidificar al circular por ella produciéndose un mejor rendimiento en este muro del edificio, como se muestra en la ilustración 1.7.7.

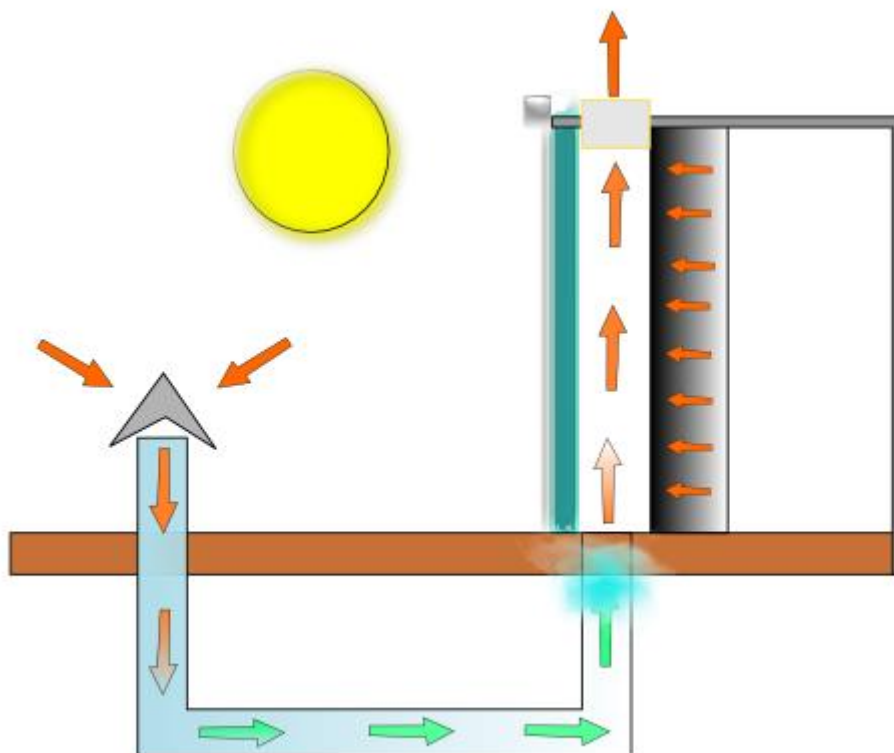


Ilustración 1.7.7. Funcionamiento esquemático de la combinación fachada ventilada, conductos enterrados y métodos evaporativos.

En este caso como el aire que proviene de los conductos y por lo tanto del evaporativo no entra al interior de la vivienda, no es necesario que tenga una humedad inferior al 70%, se puede aumentar su humedad hasta un valor próximo a la saturación, lo que conlleva una temperatura aún menor, que se traducirá en mejores resultados. Añadir que aunque su humedad se puede aumentar no es aconsejable que el aire sature y quede agua líquida estancada en los conductos, por lo tanto se aumentará la humedad relativa del agua hasta un 95%.

En la impulsión de agua, un sensor de humedad controlará la humedad relativa del aire no exceda el 95%, y no se reduzca del 80%. Por lo tanto, para humedades relativas de menos del 80%, se activa la impulsión de agua con los micronizadores, estos no cesarán su funcionamiento hasta que la humedad relativa llegue hasta el 95%³¹.

El sensor se situará un tramo después de la situación de los micronizadores en el tubo distribuidor, en este caso se utilizará un sensor como es el DHT22, sensor de humedad relativa y además de temperatura descrito en el anexo 11. Este sensor recoge los datos y mediante una placa Arduino se creará un controlador, que dé la orden electrónica a los actuadores, que serán tanto las compuertas de cierre y apertura del conducto distribuidor como la pulverización de agua en cada uno de los conductos.

La compuerta seguirá en el mismo lugar que en el caso anterior, siendo cerrada para casos en los que bajen demasiado las temperaturas del interior, y sobre todo para temporada de invierno.

Para mover el aire a través de los conductos se utilizará impulsión mecánica, y una vez dentro de la fachada ventilada el aire ascenderá gracias al calentamiento de este, este calentamiento se producirá por el intercambio calorífico realizado en la cámara.

Este sistema se instalará tanto en las fachadas ventiladas este y oeste como en las fachadas ventiladas formadas por persianas de la cara sur del edificio. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Fachada ventilada creada por persiana, **-46.7 kWh (-18679.2 Wh/ m²)** para un muro como el simulado de 2.5m de altura y una anchura de 1 metro. En total la fachada sur aportará **-186.8 kWh**.

Fachadas ventiladas este y oeste, **-47.2 kWh (-18871.1 Wh/ m²)**. En total la energía que retiran los muros es de **-566.1 kWh**.

Este sistema en total aporta una energía de refrigeración total para el módulo de alojamiento de -753 kWh para todo el período de verano.

1.7.3 Comparativa invierno

En este caso se comparan los resultados de las combinaciones de calefacción del edificio. Se tiene el muro Trombe con o sin lamas, y además dos casos adicionales que provienen de estos ya mencionados, el muro Trombe con conductos y este mismo lamas también.

Las combinaciones de conductos con muros Trombe, no aplican por no tener resultados directamente comparables, siendo estos inferiores a estos efectos. Este hecho se justifica en el apartado 1.7.1.2. Por lo tanto queda el muro Trombe sin lamas o con lamas, siendo elegido este primero por su superior capacidad calefactora, además de su inferior precio.

Trombe con lamas -> 53.6 kWh/m²

Trombe sin lamas -> 218.1 kWh/m²

Trombe con conductos -> no aplica, por no ser directamente comparables con los demás casos estudiados.

1.7.4 Comparativa verano

En este apartado se comparan los resultados obtenidos y se valora cuál de las combinaciones realizadas serán las elegidas para ser instaladas, en el módulo de alojamiento, para el caso del verano.

En primer lugar destacar que no todas las medidas tendrán su instalación en la misma fachada, por lo que en algunos casos habrá que elegir qué medida instalar y en otros no.

1.7.4.1 Conductos enterrados con o sin evaporativo

En este punto se tienen los valores de ambos sistemas y como su instalación se producirá en la fachada norte, la elección es simple, aplicar el evaporativo o no.

A continuación se presentan los resultados aportados tanto por los conductos enterrados con evaporativo como los de los conductos enterrados por si solos. Esto permitirá una comparación de estos, para determinar la elección.

Calor útil evacuado por conductos enterrados: **-312 kWh**

Calor útil evacuado por conductos enterrados por m² suelo: **-5.8 kWh/m²**

Calor útil evacuado por conductos enterrados + evaporativo: **-374.6 kWh**

Calor útil evacuado por conductos enterrados + evaporativo por m² suelo: **-6.9 kWh/m²**

Se opta por la instalación de los **conductos enterrados** sin evaporativo por el bajo factor de utilización y los escasos resultados aportados por la combinación, además del incremento del coste que esto supone.

1.7.4.2 Combinaciones fachadas ventiladas

En este caso la decisión se divide en tres, la fachada sola, con los conductos acoplados, y una última opción que es añadiendo además el evaporativo. Los resultados han sido introducidos en la tabla 1.7.1 para su mejor comparación.

Tabla 1.7.1. Comparativa de combinaciones con fachada ventilada.

	kWh/m ²	kWh en fachada
Fachada ventilada Este y Oeste	-2.8	-28.1
Fachada ventilada Este y Oeste + Tubos	-7.5	-75.2
Fachada ventilada Este y Oeste + Tubos + Evaporativo	-19.4	-194.5

Se puede apreciar que los resultados aportados por la combinación de fachada conductos y evaporativo, son muy superiores a los dos casos anteriores, con lo cual se justifica esta combinación en el módulo de alojamiento final. Este será el sistema instalado en la fachada sur en verano, en la parte correspondiente a muro Trombe en invierno.

Este apartado es prácticamente idéntico al anterior con la diferencia de que las fachadas ventiladas de estas fachadas tienen una hoja exterior diferente, y cubren toda la fachada, por lo tanto la superficie es mayor, y además estas fachadas no son transformables por persianas como las anteriores.

Las combinaciones analizadas son las mismas, en un primer lugar una fachada ventilada simple, otra opción es con el acople de los conductos enterrados y la última, con el acople además del método evaporativo. La tabla 1.7.2 recoge los resultados.

Tabla 1.7.2. Comparativa de combinaciones con fachada ventilada creada por persiana.

	kWh/m ²	kWh en fachada
Fachada ventilada creada por persiana	-2.7	-82.6
Fachada ventilada creada por persiana + Tubos	-6.5	-195.4
Fachada ventilada creada por persiana + Tubos + Evaporativo	-18.9	-566.4

Caso similar al anterior, por lo tanto, la elección es la misma también, se opta por la opción que engloba los tres sistemas, por los resultados que proporciona.

1.8 MEDIDAS A INSTALAR EN EL EDIFICIO

En este apartado se implementarán las medidas pasivas de acondicionamiento seleccionadas en apartados anteriores así como las combinaciones de estas. También se expondrán los sistemas auxiliares con los cuales podrán coexistir varios sistemas pasivos en una misma fachada sin que haya interferencias nocivas entre ellos.

Este bloque se estructurará por fachadas, describiéndose en cada una de ellas el sistema o sistemas pasivos instalados en ellas además de los resultados que aportan al edificio.

En el documento se encuentran los planos de todas las medidas pasivas que serán finalmente instaladas en el módulo de alojamiento. Los planos de los demás métodos evaluados a pesar de haber sido realizados no se incluirán en este proyecto, ya que **no aplican**.

Mencionar, en este punto, que los números proporcionados a continuación en concepto de demanda tanto de calefacción como de refrigeración están sobredimensionados. El objeto del proyecto era implementar medidas pasivas en un edificio de cierta singularidad, como el

seleccionado, por lo tanto los datos de la demanda vienen dados por el edificio sin ninguna medida implementada, lo que significa que estas demandas se han calculado sin tener en cuenta la capacidad aislante de los dobles fachada Trombe y las fachadas ventiladas, que no son despreciables. Por lo tanto se puede concluir que la demanda ha sido sobredimensionada y que en la realidad con las medidas implementadas en el edificio estas serán menores.

1.8.1 Conductos enterrados

Aunque los conductos no irán directamente en la fachada norte ni se puede relacionar con ella lo cierto es que la salida de aire de estos estará pegada al muro interior de la fachada norte. Esta es la fachada que menos radiación solar recibe, por lo tanto no tiene sentido la instalación de ninguna medida pasiva destinada a calefacción. Los muros serán como los del resto del edificio de corcho, 50mm de poliuretano proyectado y acero (desde el exterior al interior). Se menciona esta fachada ya que será la única que no montará medidas, todas las demás las implementarán.

Los conductos enterrados entran directamente al edificio. En total se instalarán 20 conductos a lo largo de toda la fachada, solución especificada en los apartados 1.5.2.2 y 1.6.4.

1.8.2 Fachadas este y oeste

En estas fachadas no se incorporaran medidas de calefacción, sin embargo sí que se instalará un sistema de fachada ventilada, que será cerrada en su parte inferior y superior en invierno para evitar pérdidas, actuando como una barrera más ante la salida de calor del edificio, y reteniendo el calor debido a la incidencia solar en esta.

La fachada ventilada será el sistema a instalar en estos cerramientos del edificio, aunque no es un sistema de fachada convencional. En estas fachadas, se instalará una **combinación de fachadas ventiladas con conductos enterrados y con las soluciones evaporativas**, además de la apertura y cierre de la entrada de aire a la cámara (final de los conductos), y al final de la cámara. Este sistema es seleccionado como resultado de los apartados 1.7.2.4 donde se describe.

1.8.3 Fachada sur

Esta fachada se encuentra en dos planos, los laterales se encuentran en un plano por delante de la parte central de 3 metros. La instalación de las medidas en esta fachada se realizará en los laterales del edificio de la fachada sur.

En la ilustración 1.8.1 se observa cómo quedará la instalación de cada uno de los laterales, para el caso de calefacción.

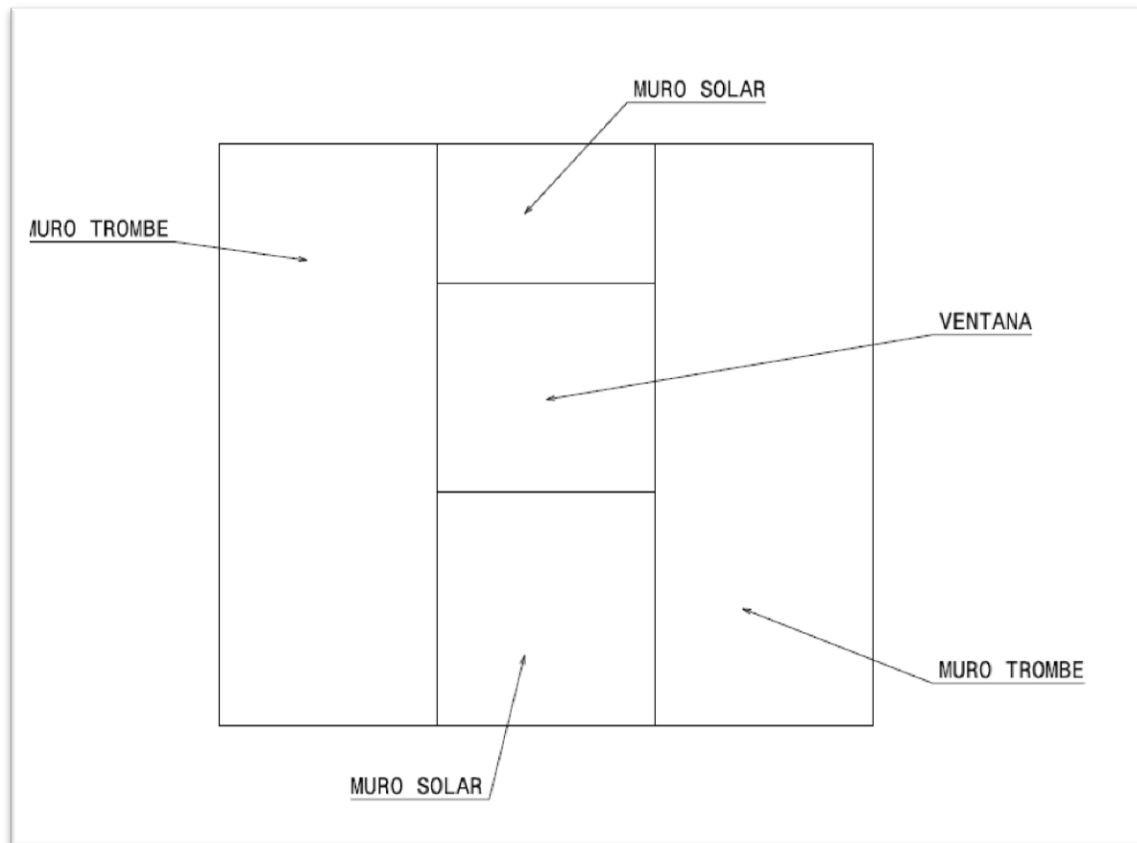


Ilustración 1.8.1. Disposición de muros Trombe y solar en fachada sur.

Como se puede apreciar se instalará tanto muro Trombe como solar, siendo destinada más superficie a muro Trombe por su mayor rendimiento. No se instala toda la fachada de muro Trombe porque la ventana imposibilita el flujo de aire y con ello el proceso Trombe, aunque sí que se puede instalar los, aunque menos efectivos pero útiles, Muros Solares.

Aunque en el punto 1.6.1.3 se llega a la conclusión de que la instalación de muro solar debe ser de con un muro de **30 mm de poliuretano con sándwich de acero, y vidrio doble de 2.9 W/m²K**, lo cierto es que estos cálculo buscaban la maximización de los resultados para este sistema, sin tener en cuenta la convivencia de este con otros. A la hora de poner el conjunto Trombe y muro solar, tendremos que unificar tanto el muro interior como el vidrio a instalar ya que pertenecerán a la misma fachada. Teniendo esto en cuenta se realiza la elección partiendo de las siguientes premisas cuya única finalidad es la búsqueda de resultados:

- El muro interior y el vidrio a instalar en estas fachadas serán las que produzcan el mayor aporte neto de calor.
- El muro interior y la el vidrio a instalar en esta fachada sur, serán las de la medida pasiva de acondicionamiento que más m² ocupe en la fachada. En este caso hay dos medidas el muro solar y el muro Trombe, siendo el que más metros cuadrados y además un mayor aporte de calor neto, este último.

Con esta unificación en la fachada se evitan los puentes térmicos entre distintos materiales y espesores, puentes térmicos que son muy perjudiciales para el sistema.

Por lo tanto los muros solares llevarán la composición completa del muro Trombe, la cual fue obtenida en la sección 1.6.2.2.

Para refrigeración estas fachadas serán cubiertas por una persiana de aluminio, esta persiana en la parte correspondiente a la ventana tendrá rendijas destinadas a dejar pasar luz suficiente como para iluminar el habitáculo.

En la ilustración 1.8.2, se muestra el edificio con una de las fachadas don la persiana echada. Como se puede apreciar el hueco correspondiente a la ventana tiene partes de las lamas quitadas para permitir el paso tanto de radiación como de ventilación.

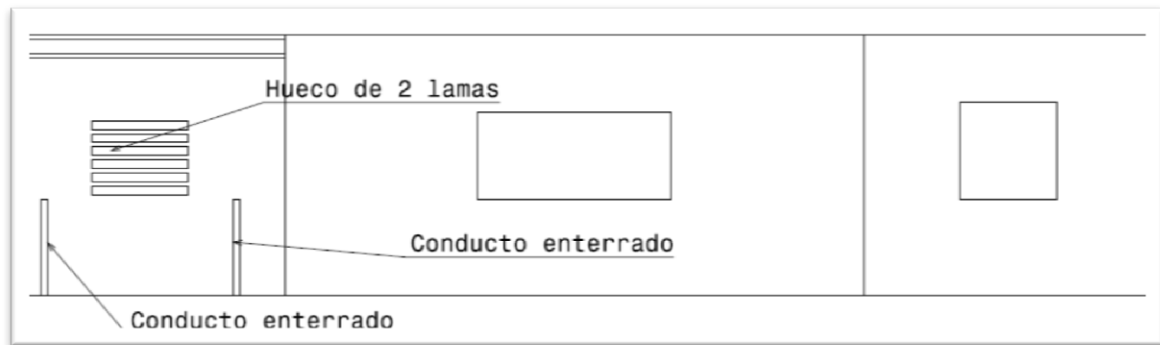


Ilustración 1.8.2. Disposición de muros Trombe y solar en fachada sur.

Además se producirá el cierre de las compuertas del muro Trombe, y la apertura de las compuertas de los conductos enterrados y de la parte superior de la cámara (por lo que el sistema se transforma en una fachada ventilada que recibe el aire de los conductos enterrados que a su vez tienen implementados el método evaporativo). Es importante resaltar que mientras el muro funciona como Trombe las compuertas superiores de la fachada ventilada y las de los conductos permanecerán cerradas en todo momento.

No todas las compuertas son automáticas, solo lo serán las del muro Trombe, y la de los conductos (las de entrada a la cámara), las demás junto con la persiana serán manuales ya que su accionamiento será requerido en cambios de estación.

1.8.4 Balance energético edificio tras la aplicación de todas las medidas a instalar

En este apartado se muestran las demandas del edificio en calefacción y refrigeración así como los resultados energéticos que aportan al edificio el conjunto de las medidas.

1.8.4.1 Calefacción

Demanda total módulo de alojamiento para periodo de invierno:

Total:- 1963.6 kWh

Por m² de fachada: -36.4 kWh/ m²

Medidas pasivas

- Fachada Este y Oeste: la fachada ventilada cerrada evita la pérdida de calor por flujo de aire a través de esta aunque no puede considerarse como medida de calefacción.
- Fachada sur: Se instala muro Trombe y Solar, a continuación se muestran la energía que aportan al módulo de alojamiento.
 - Aporte total **muro Trombe: 2006.5 kWh**
 Aporte por m² de fachada: **218.1 kWh/m²**
 Aporte por m² de suelo: **37.2 kWh/m²**
 - Aporte total **muro Solar: 122.56 kWh**
 Aporte por m² de fachada: **38.3 kWh/m²**
 Aporte por m² de suelo: **2.3 kWh/m²**

Aporte total medidas pasivas para calefacción 2129 kWh, con lo cual se puede concluir que la demanda de calefacción para el edificio queda satisfecha para el periodo de invierno.

Coste medidas calefacción:

- Muro solar, 3.2 m² a instalar-> 287.24€
- Muro Trombe, 9.2 m² a instalar->758.05€

Total medidas pasivas calefacción: **1045.29€**

1.8.4.2 Refrigeración

Demanda total módulo de alojamiento para periodo de verano:

Total: 1378.5 kWh

Por m² de suelo: 25.5 kWh/ m²

Medidas pasivas

- Conductos enterrados en combinación con solución evaporativa, especificados en la sección 4.2.1.
 - Calor total evacuado, **conductos enterrados: -312 kWh**
 - Calor total evacuado por m² de suelo: **-6.9 kWh/m²**
- Fachada Este y Oeste: quedarán instaladas las combinaciones fachada ventilada-conductos enterrados evaporativo (sección 4.4.2).
 - Calor total evacuado, **combinación: -566.4 kWh**
 - Calor total evacuado por m² de suelo: **-10.5 kWh/m²**

- Fachada sur: Se instala la combinación idéntica al caso anterior pero en este caso en la fachadas ventiladas creadas por la persiana (sección 4.4.2)
 - Calor total evacuado, **combinación: -194.5 kWh**
 - Calor total evacuado por m² de suelo: **-3.6 kWh/m²**

Aporte total medidas pasivas refrigeración -1072.9 kWh, en este caso no se satisface la totalidad de la demanda del módulo de alojamiento, faltarían 305.6 kWh. Aun así se con sigue un ahorro energético en la demanda de refrigeración del 77.8%.

Coste medidas pasivas refrigeración:

Total medidas pasivas refrigeración: **5065 €**

Nota: Para determinar el aporte combinado de todos los sistemas considerados, sería necesario hacer una simulación acoplada. Este trabajo excede el alcance de este proyecto. Por ello se ha optado por hacer la suma aritmética del aporte de cada sistema su estimar combinada.

DOCUMENTO Nº 2: ANEXOS

En los anexos de este documento que son fichas técnicas de empresas, se han seleccionado dichas marcas por las características técnicas del producto, pudiéndose seleccionar cualquier otra marca o producto con características técnicas similares.

2.1 ANEXO 1. SITUACIÓN DE LA FINCA Y COMPOSICIÓN DE LA VIVIENDA

La finca está situada en Carretera del Marquesado km.3 numero 93 Chiclana de la Frontera, Cádiz, Andalucía, España. En la ilustración 2.1.1 se muestra su ubicación con una foto de satélite y las coordenadas del emplazamiento.



Ilustración 2.1.1. Emplazamiento y ubicación del módulo de alojamiento.

Cádiz posee un clima de tipo mediterráneo oceánico propio de la costa atlántica. Presenta una temperatura media anual de 18,1°C. Ni los inviernos son muy fríos ni los veranos, por lo general, excesivamente calurosos, ya que el mar suaviza mucho las temperaturas. El mes más cálido es agosto con una temperatura media de 27°C. El mes más frío es, Enero con una temperatura media de 7°C, pero pese al frío, podemos disfrutar de un tiempo agradable cuando brilla el sol, lo cual es frecuente. En Cádiz se dispone de alrededor de 3000 horas anuales de sol³³.

Las lluvias se concentran en el invierno y la primavera. Al estar cerca del mar, el clima es húmedo, dando a veces la sensación de más calor en verano y de más frío en invierno. Un factor a destacar en la climatología de Cádiz y, por tanto en la ciudad, es la frecuente presencia del viento, ya sea de levante o de poniente. El primero, más frecuente en verano, viene del este y es cálido y seco. El segundo, predomina en invierno y al venir del oeste, llega directamente del océano y por tanto es más frío y húmedo.

2.1.1 Contenedores marítimos

El diseño de este proyecto se basa en usar los contenedores marítimos como lugares diseñados como módulos de alojamiento. ¿Por qué usar contenedores y no construir con métodos convencionales? Los contenedores son utilizados para transportar artículos comerciales hacia todo el mundo. Dichos contenedores tienen una determinada vida útil, a partir de la cual se inhabilitan para cumplir su función de transporte de mercancías. Sin embargo, una vez usados, se amontonan en las ciudades portuarias. Siendo esto así, nos podemos encontrar muchos de estos contenedores a muy bajo precio y podemos reciclarlos y convertirlos en estructuras habitacionales perfectamente funcionales llevando a cabo ciertas modificaciones de aislamiento, revestimientos, instalaciones, etc. La mayoría de los contenedores marítimos tienen diferentes dimensiones. Destacar que su acero corrugado puede resistir los climas más extremos a los que queda expuesto en las cubiertas de grandes barcos de carga. El módulo de alojamiento se encuentra compuesto por 2 contenedores marítimos. Son dos High cube³⁴.

2.1.2 Pasos a seguir para el uso del contenedor marítimo

El primer paso es la recogida del depósito de los contenedores que se encuentran descartados para el transporte y envío a una planta de procesado. Una vez allí se descargan y comienzas las diferentes fases que acabarán transformando el contenedor en una vivienda. A continuación se procede a la desinfección, lijado y repintado del contenedor. Es en este punto dónde se procede con la realización de los cortes en la chapa. Estos cortes se crean para hacer huecos dónde irán puertas y ventanas. También los huecos para que pase e cableado eléctrico se hace en este punto. Para recortar los huecos para puertas y ventanas, se pueden emplear diferentes herramientas. Las más recomendables son: la cortadora de plasma o soplete. Estas tareas requieren experiencia, por lo que se contará con un profesional. El contenedor no debe colocarse sobre la tierra desnuda. Aunque los contenedores están preparados contra el agua marina, con el tiempo, la humedad podría corroer el metal. Los contenedores por sí solos no pesan mucho, pero al usar varios podría hundir el suelo. Por estos motivos es necesario hacerles una base sólida².

2.1.3 Preparación del suelo

Antes de poner los cimientos es necesario realizar una excavación para la base del edificio. Es necesaria para eliminar la vegetación. Se instala la propia fundación y dar cabida a una base de grava para un mejor drenaje. Se medirá el sitio, marcando las delimitaciones de la construcción y se nivelará el terreno. A continuación realizaremos un vertido de hormigón, siendo este uno de los menos costosos y de mayor duración de la fundación. La losa de hormigón, es una gran pieza de hormigón vertido establecido en una cama de grava dentro de una forma construida.

Para finalizar se instalará el aislamiento y una lámina impermeabilizante tipo EPDM. Esta lámina es un material de caucho, tremendamente elástico y resistente a la intemperie, tanto que se coloca en balsas de grandes superficies y queda totalmente expuesto sin ningún problema.

Otra gran ventaja es la tremenda elasticidad de este material, que permite la deformación hasta un 300% y recuperar su forma inicial. Esto es importante porque pueden existir ciertos puntos en los que al absorber las deformaciones sin romperse, evitamos filtraciones puntuales².

2.1.4 Estructura módulo de alojamiento

El módulo de alojamiento tendrá esta disposición. Las fachadas rayadas serán en las que se instalarán los muros Trombe o Solar, esta parte será la que estará orientada hacia el sur, obteniéndose así una mayor incidencia de radiación en invierno y reduciéndose esta en verano por el cambio de ángulo de incidencia. La superficie total destinada a muro solar será de 2.8 m², y la destinada a muro Trombe será de 9.2 m², aunque esta superficie en verano será cubierta por otros cerramientos para pasar a actuar como elementos de refrigeración.

El hueco central que queda descubierto será destinado a un espacio acristalado que recibirá radiación y actuará como una primera capa contra las inclemencias del tiempo. Esta es una medida pasiva de acondicionamiento térmico, que no será evaluada en este proyecto por tratarse de una medida que forma parte de la arquitectura directa del edificio.

Las fachadas este y oeste, están punteadas en la ilustración 2.1.2 y serán las encargadas de albergar las fachadas ventiladas.

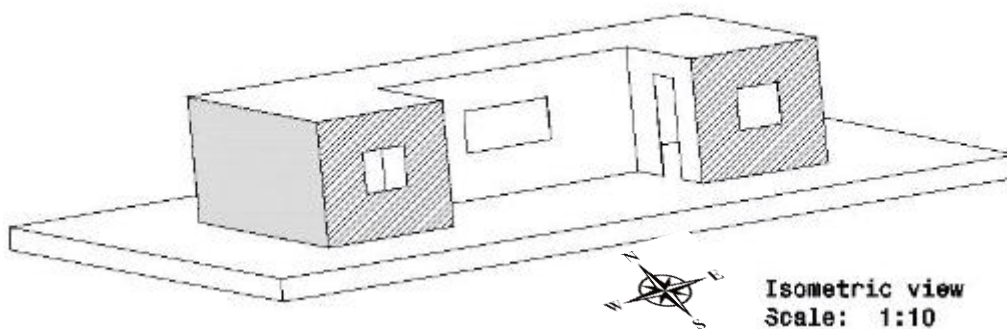


Ilustración 2.1.2. Orientación edificio.

En la ilustración 2.1.2 se muestra el módulo de alojamiento donde se instalarán todas las medidas evaluadas en 3 dimensiones.

En las ilustraciones 2.1.3 y 2.1.4 tenemos las medidas del módulo de alojamiento, la plataforma inferior está puesta para su mejor apreciación de las medidas pero no entra dentro del diseño.

Las medidas están en centímetros, y las vistas al igual que la isométrica están a escala 1:10.

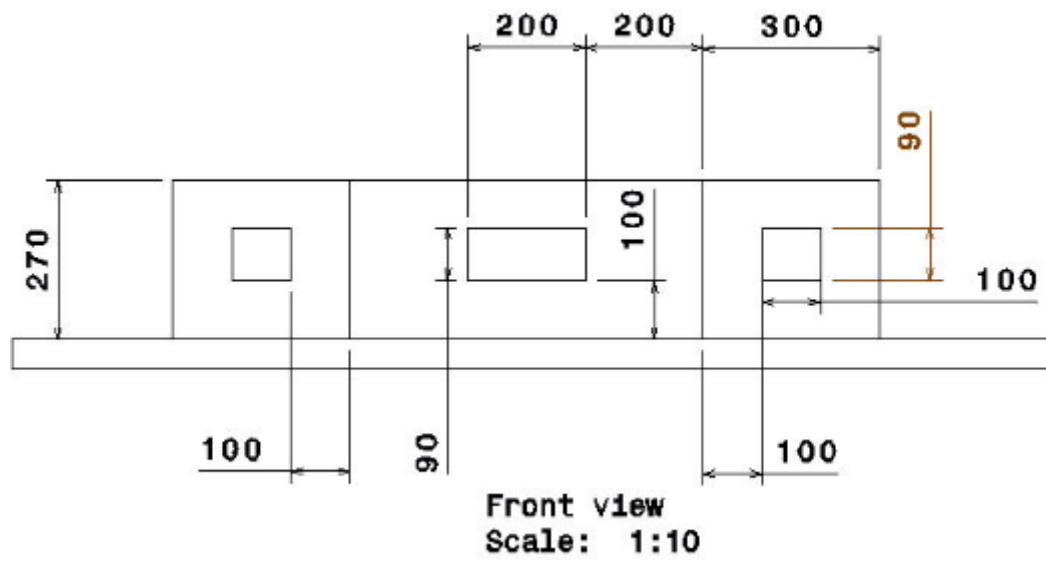


Ilustración 2.1.3. Dimensiones del alzado del módulo.

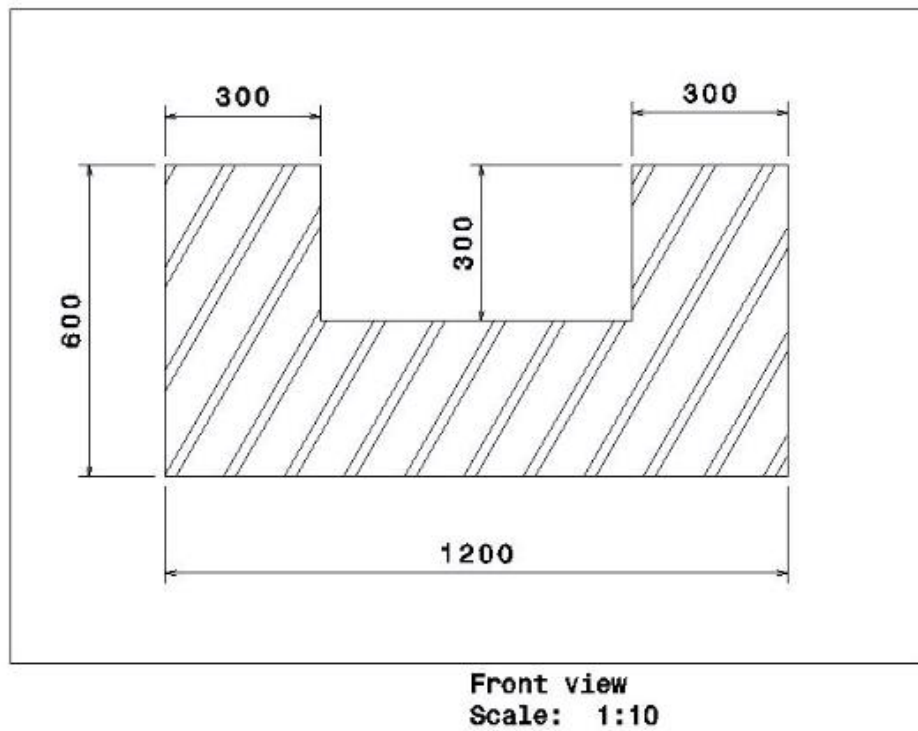


Ilustración 2.1.4. Dimensiones planta módulo.

2.1.5 Distribución interior módulo de alojamiento

Para una mejor comprensión en la ilustración 2.1.5 detallamos como se distribuye la vivienda:

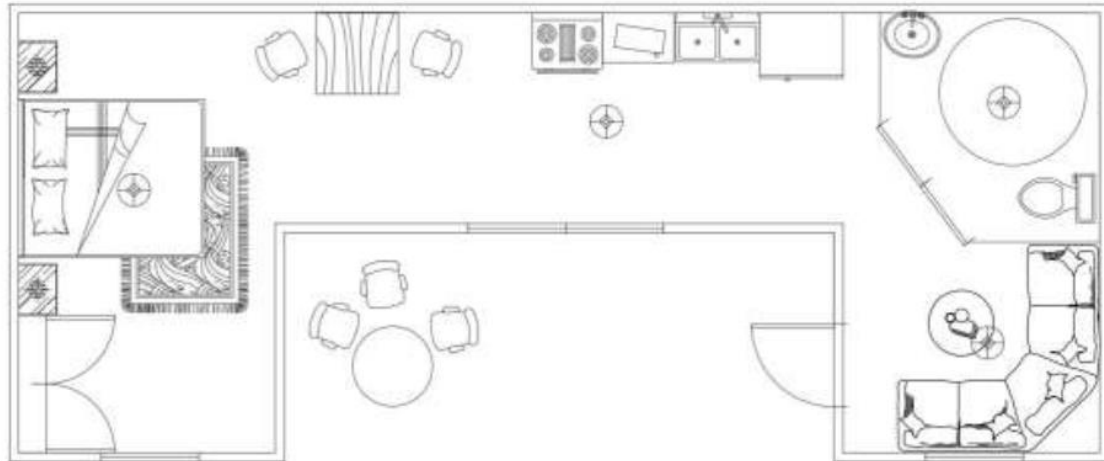


Ilustración 2.1.5. Ejemplo distribución interior módulo.

La vivienda posee 3 ventanas. Las del frontal más alejado, poseen las dimensiones de 1 [m] x 0.9 [m] y la más grande es de 2 [m] x 0.9 [m]. La vivienda al estar adaptadas para discapacitados debe de cumplir ciertas normativas relativas al espacio y a la colocación de los elementos del módulo.

Como se aprecia en la imagen, el tamaño del baño puede parecer excesivo, pero de esta manera se cumple la normativa dejando un espacio de 1.6 [m] para que la persona discapacitada pueda maniobrar con amplitud. El baño está adaptado para discapacitados, estando su suelo preparado para recoger el agua de la ducha y conducirla hacia un desagüe situado en una de las esquinas.

2.2 ANEXO 2. VIDRIOS MURO SOLAR Y TROMBE

Se han evaluado 5 tipos de vidrios representativos. De cada uno se han obtenido las propiedades necesarias que el simulador necesita para su funcionamiento.

Los datos necesarios de las lunas son:

- Resistencia térmica (R_{ee}), es la oposición que presenta un material al flujo de calor.
- La absorptividad solar (α), que es la propiedad de un material que determina la cantidad de radiación incidente que es capaz de absorber.
- La transmitancia solar (τ), es un valor que expresa la cantidad de radiación solar que puede atravesar un vidrio, comparada con la cantidad de radiación solar que incide en él.

- La absorptividad de onda larga, que es la cantidad de radiación de onda larga (longitudes de onda infrarroja) que es capaz de absorber, para el vidrio es de 0.7.

La obtención de la absorptividad y de la transmitancia solar es directa a partir de la base de datos³⁵. Sin embargo, en el caso de la Resistencia térmica es necesario obtenerla a partir de la Ecuación 2.2.1:

$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{R_{si} + R_{ee} + R_{se}}$$

Ecuación 2.2.1

Siendo:

U: Transmitancia térmica, es la medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, de caras planas y paralelas, cuando hay un gradiente térmico de 1°C de temperatura entre los dos ambientes que éste separa. Esta transmitancia es un dato obtenido también a partir de la misma fuente reseñada anteriormente y es específica de cada tipo de vidrio. (W/m²K)

R_{si} y R_{se}: Resistencia de la superficie interior y resistencia de la superficie exterior, constantes obtenidas para el caso del vidrio que serán 0.04 y 0.13 respectivamente y son comunes para todos los vidrios utilizados. (m²·K·W⁻¹)

R_{ee}: resistencia del elemento exterior, es decir la resistencia del vidrio medida en m²·K·W⁻¹. Esta es la resistencia necesaria para su posterior uso, por lo tanto conocidos los demás datos, se puede obtener la resistencia térmica para cada vidrio a ensayar en el programa.

Los vidrios simulados junto con los valores usados son:

Vidrio simple, lámina de 4 o 6mm de espesor y área dada por la superficie de la fachada. [U= 5.7 (W/m²K), τ=0.82, α=0.11]

Vidrio doble este consta de dos capas de vidrio entre las cuales se deja un espacio estanco con aire. Se han evaluado dos:

1. Vidrio doble de espesores 4-6-4mm. Estos espesores se refieren a primera capa de vidrio-aire estanco-segunda hoja. [U= 3.3 (W/m²K), τ=0.72, α=0.15].
2. Vidrio doble de espesores 4-12-6mm. Estos espesores se refieren a primera capa de vidrio-aire estanco-segunda hoja. [U= 2.9 (W/m²K), τ=0.67, α=0.2].

Vidrio doble bajo emisivo, estos vidrios minimizan la pérdida de calor, permitiendo el acceso a la luz perfectamente. Estos se han desarrollado gracias a unos tratamientos a base de una capa metálica neutra (vidrios de capa) con un alto contenido en plata y óxidos metálicos, que

mejoran sus prestaciones en el campo del aislamiento térmico. Este tipo tiene dos valores de absorptividades³⁶.

1. Vidrio doble bajo emisivo de espesores 4-6-4mm. Estos espesores se refieren a primera capa de vidrio-aire estanco-segunda hoja. [$U= 2.5 \text{ (W/m}^2\text{K)}$, $\tau=0.444$, $\alpha_1=0.084$, $\alpha_2=0.315$].
2. Vidrio doble bajo emisivo de espesores 4-12-6mm. Estos espesores se refieren a primera capa de vidrio-aire estanco-segunda hoja. [$U= 1.7 \text{ (W/m}^2\text{K)}$, $\tau=0.444$, $\alpha_1=0.084$, $\alpha_2=0.332$].

2.3 ANEXO 3. COMPOSICIÓN MUROS INTERIORES

Los muros interiores son los cerramientos encargados de delimitar la zona a acondicionar del exterior del edificio, aunque para este caso separan este espacio y las cámaras de los sistemas pasivos de acondicionamiento. Este es un punto de una gran relevancia teniendo en cuenta que una buena captación de energía por parte de los sistemas propuestos puede desaprovecharse casi en su totalidad si el sistema no tiene una alta capacidad de conservación de la energía.

A pesar de que los muros delimitan el interior del edificio con los sistemas, lo cierto es que los sistemas aplicados a los muros se pueden considerar como cerramientos únicos, de hecho para la evaluación de resultados las propiedades del muro interior, son variables que tienen gran influencia por lo tanto han sido simulados en conjunto muros y los sistemas pasivos.

Estos sistemas de acondicionamiento de doble fachada además de proporcionar ganancias térmicas en los muros tienen otra notable ventaja, también suponen componentes aislantes del edificio, pudiendo reducir el gasto destinado a este fin de forma directa en las fachadas interiores.

Considerar que elementos como el muro solar, basan sus resultados en el paso de calor a través de los muros, por lo tanto hay que considerar una composición de muro que produzca un aislamiento necesario como para conservar la energía en el interior perjudicando lo mínimo el funcionamiento de los sistemas pasivos.

Partiendo de la base de que el edificio a acondicionar está construido a partir de contenedores marítimos y teniendo en cuenta la mayor facilidad de construcción de los edificios se ha tomado la primera capa, la que está en contacto con el espacio a acondicionar como la chapa de acero propia del contenedor, con 10 mm de espesor.

En este proyecto se han evaluado dos materiales para la capa exterior de la hoja interior. Los materiales evaluados son el acero, un mal aislante térmico, y el corcho comprimido, cuyas propiedades aislantes son muy superiores al de este último. Aclarar que la hoja interior, llevará

poliuretano proyectado entre las dos capas anteriormente mencionadas. A continuación se presentan ambos:

Las propiedades que han sido necesarias para simular cada una de las capas de material han sido el espesor, la densidad del material, su calor específico y su conductividad térmica³⁷. En las tablas 2.3.1 y 2.3.2 se reflejan las propiedades de los materiales usados en los distintos muros:

Tabla 2.3.1. Propiedades muro A.

Material	Espesor	Conduct. Térmica	Densidad	Calor Específico
	m	W/mK	kg/m ³	J/kgK
Acero	0.01	52	7850	460
Poliuretano	Por determinar	0.029	40	1674
Acero	0.01	52	7850	460

Tabla 2.3.2. Propiedades muro B.

Material	Espesor	Conduct. Térmica	Densidad	Calor Específico
	m	W/mK	kg/m ³	J/kgK
Corcho	0.02	0.1	500	1560
Poliuretano	Por determinar	0.029	40	1674
Acero	0.01	52	7850	460

El fin de esta comparación es el de comprobar como afecta a los resultados el material en contacto con la cámara, usando dos completamente opuestos.

1. A Capa exterior del muro, en contacto directo con la cámara creada con los sistemas de doble fachada. Está compuesta por 10 mm de acero, este espesor a efectos aislantes es prácticamente nulo, ya que el acero tiene una elevada conductividad térmica como bien queda reflejado en la tabla 2.3.1, aunque, añadir, que este hecho puede jugar a favor del rendimiento de las medidas pasivas. Es conveniente que esta superficie sea rugosa y de un color oscuro para mejorar la absorción de la radiación incidente en ella.

1. B Capa exterior compuesta por corcho comprimido de 20 mm de espesor. Este es un material con una capacidad de aislamiento muy superior a la del acero, igualmente será de un color oscuro y con rugosidad, para favorecer la absorción de la radiación en la cámara.

2 Capa intermedia, en esta capa se aplicará poliuretano proyectado, su espesor se obtiene a partir de las simulaciones.

3 Capa en contacto con el espacio a acondicionar o habitáculo del edificio. Capa que hemos considerado fija de 10 mm de espesor. Esta podrá ser recubierta por cualquier material con fines estéticos.

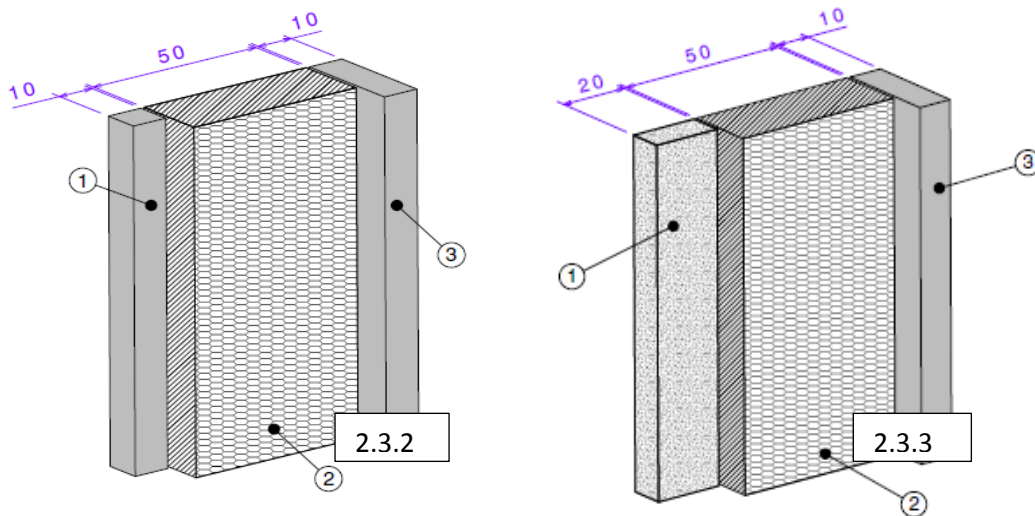


Ilustración 2.3.1. Porción del muro con capa exterior de acero.

Ilustración 2.3.2. Porción del muro con capa exterior corcho comprimido.

En la capa central se opta por un buen aislante térmico, cuyo precio es bastante accesible, el poliuretano expandido. La espuma rígida de poliuretano proyectada, tiene el menor nivel de conductividad térmica de los materiales de construcción por lo que alcanza el nivel de aislamiento requerido con el mínimo espesor. Este material es impermeable al agua aunque permeable al vapor de agua, con valor de permeabilidad dependiente de la densidad de este. Esto hace que se pueda aplicar a diseños en cualquier zona climática, y para cualquier tipo de

edificio. Por lo tanto este material se confirma como un magnífico aliado para cumplir con las exigencias requeridas en este proyecto³⁸.

Para este material se simularán una serie de espesores, en conjunto con los distintos sistemas de acondicionamiento térmico, para obtener el espesor que más se ajuste a los objetivos perseguidos, que son el máximo resultado con las mínimas pérdidas. Se debe tener presente que el exceso de espesor de poliuretano puede ser nocivo para los intereses perseguidos ya que evita el flujo de calor con el interior entorpeciendo los sistemas pasivos de acondicionamiento con los que conviven.

Un importante concepto a tener en cuenta es el de los puentes térmicos. Un puente térmico es una zona en la que se transmite el calor a zonas aledañas. Esto puede deberse a diferentes factores como, una diferente conductividad de materiales, unos diferentes espesores de materiales, o incluso a cuestiones geométricas³⁹.

Se tendrá muy en cuenta este puente térmico a lo largo de este proyecto y en las partes en las que existiere, se procederá a la rotura de estos, que consiste en intercalar materiales en estos puntos para así evitar que funcionen como “fugas caloríficas”.

También actuarían de este modo como ya ha sido mencionado los muros con distintos espesores por lo que el edificio entero tendrá el mismo espesor de muro con el fin de evitar este fenómeno. Como resultado habrá que valorar los distintos espesores propuestos en conjunto para poder sacar una conclusión de muro que satisfaga todas las medidas pasivas que se implementarán.

Para concluir este apartado añadir que el simulador requiere también los valores de absorptividad solar y absorptividad de onda larga valores que serán idénticos para ambos muros ya que solo depende del color del muro y para ambos materiales el muro se pintará de color negro para una mejor absorción de la radiación solar. En la tabla 2.3.3 se muestran los valores.

Tabla 2.3.3. Valor absorptividad y absorptividad onda larga.

Absortividad Solar	0.85
Absortividad Onda Larga	0.70

2.4 ANEXO 4. ESPESOR Y ALTURA DE LA CÁMARA

El espesor de la cámara se refiere a la distancia existente entre el muro de la vivienda y la hoja exterior que será de vidrio para los sistemas solar y Trombe y de otro material para el caso de la fachada ventilada.

Por supuesto no se produce el mismo efecto en el aire que circula por los distintos sistemas aunque el espesor ha sido unificado para los tres, porque a pesar de su distinto funcionamiento, el que presenta un mejor rendimiento para todos es el elegido, y las razones que justifican esta elección son perfectamente atribuibles a cada uno de los sistemas en los que se usarán.

Este espesor, es una variable a la hora de evaluar el rendimiento de estos sistemas. Se han realizado pruebas con espesores de 3, 5, 8 y de 10 cm. La conclusión obtenida de la comparación de los resultados muestra que la de 10 cm es la clara vencedora. Las razones por las que no se han simulado espesores superiores a 10 cm son:

En primer lugar que el modelo solo ha sido validado experimentalmente con espesores de hasta 10cm (no ha habido posibilidad de hacerlo con espesores mayores). En segundo lugar, porque a medida que el espesor de la cámara aumenta, se presentan patrones de flujo en los que el aire del centro de la cámara tiene una velocidad menor o incluso puede presentar contraflujos locales. Estos efectos no son posibles de tener en cuenta en el modelo, aunque se tiene conocimiento de su efecto negativo sobre el rendimiento.

Cuando se habla de la altura de la cámara es distinta para cada caso, para muro solar y fachada ventilada al no disponer de aperturas que faciliten el contacto entre la cámara y el interior la altura será igual a la del muro interior (en el caso tratado será de 2.5m). Para el caso del muro Trombe la altura del muro es la altura total de la hoja exterior o interior, menos la suma de las alturas de ambos huecos en la hoja interior habilitados para que se produzca el flujo de aire cámara-espacio interior. Por ello se puede decir que para muro Trombe y el espesor de cámara elegido la altura de este será de 2.3 m.

Para este segundo caso, estos huecos serán de una altura de 10 cm, igual al ancho de la cámara, esto no es necesario realizarlo así, pero a la hora de evaluarlo las pérdidas de carga serán mínimas para esta altura debido a que no se presenta cambio de velocidad del aire como consecuencia de cambios de sección entre la cámara y las aperturas.

2.5 ANEXO 5. SIMULADOR SIHNOR

Este simulador ha sido proporcionado por el profesor Álvaro Ruiz Pardo del departamento de Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad de Cádiz, este es fruto de su Tesis doctoral.

Con él ha sido posible la simulación del muro Solar, El muro Trombe y la fachada ventilada además de combinaciones de estas medidas con otras.

A continuación se muestra una imagen del programa realizado en Microsoft Excel, en la cual se muestra el interfaz donde se introducen las variables de entrada.

Hoja Exterior

Resistencia Térmica	0.420	m ² K/W
Absorptividades Solar	0.08	0.33
Transmitancia Solar	0.43	--
Absorptividad Onda L	0.92	--

Datos Climáticos

Localidad: Cadiz
 Mes Inicial: noviembre
 Mes Final: marzo
 Orientación (Sur): 0

Hoja Interior

Absorptividad Solar	0.85	--
Absorptividad Onda L	0.70	--

Capas

Material	Espesor m	Conduct. Térmica W/mK	Densidad kg/m ³	Calor Específico J/kgK
1 Corcho	0.02	0.1	500	1560
2 Poliuretano	0.03	0.029	40	1674
3 Acero	0.01	52	7850	460
4				
5				
6				
7				
8				

Calcular

Cámara de Aire

Espesor Cámara	0.1 m
Altura Cámara	2.5 m

Otros

Procedencia del Aire <input type="radio"/> Interior <input checked="" type="radio"/> Exterior <input type="radio"/> Otro Elemento	Coefficientes de transferencia de calor <input checked="" type="radio"/> Calcularlos <input type="radio"/> Dados en Tabla	Velocidad del Aire <input type="radio"/> Calcularla <input type="radio"/> Dada en Tabla <input checked="" type="radio"/> Con ventilador 0 m/s	Control ¿Se permite contra flujo? <input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No Sobretemperatura para permitir ventilación 1 °C
---	--	---	---

Ilustración 2.5.1. Interfaz del simulador Sihnor donde se introducen las variables de entrada.

En la ilustración 2.5.1 se puede apreciar cómo se puede elegir la localidad de entre todas las ciudades más importantes de España gracias a los datos de la meteorología española, estos documentos recogen los valores de temperatura exterior, de la temperatura radiante, de la radiación incidente de esta, y demás variables que serán proporcionadas hora a hora, en cada día de cada mes.

En el caso particular de este proyecto se ha evaluado para la provincia de Cádiz, y se han elegido los meses correspondientes dependiendo de si el elemento a evaluar es de invierno (Noviembre-Marzo), o es para verano (Junio-Septiembre).

La parte referente a la hoja exterior se refiere a la parte en contacto directo con los elementos, para el caso de los muros que proporcionan calefacción son los vidrios y para la fachada ventilada será de un material que no deje pasar la radiación. Las variables de entrada referentes a la hoja exterior están recogidas en los apartados destinados a ello.

La hoja interior es el muro que separa el habitáculo a acondicionar de la cámara de aire formada por la doble fachada, y al igual que en el caso anterior las variables de entrada se recogen en el anexo 3.

Para terminar se necesitará introducir algunas variables más para obtener los resultados deseados, como son el espesor de la cámara, y la altura de esta, la procedencia del aire de la cámara y si los coeficientes de transferencia de calor son aportados o se quiere que sean simulados por el programa. La velocidad del aire en los supuestos en los que este se moviera, (se podrá introducir manual seleccionando con ventilador) picando en calcularla, será calculada por el simulador con los datos de entrada y por último seleccionar si se permitirá contraflujo o no, es decir el control de las compuertas en este caso las compuertas se cierran automáticamente en el momento en el que se va a producir este por lo tanto no existe contraflujo.


Una vez introducidos todos estos datos se acciona en “Calcular” y el programa proporcionará los resultados en otra hoja Excel del mismo documento. Estos como bien ha sido mencionado anteriormente se proporcionan hora a hora durante el tiempo seleccionado en el interfaz usuario-programa.

De los resultados suministrados por el programa, solo serán útiles para el fin de este proyecto dos. El calor del aire contenido en la cámara, y el calor que entra a través del muro. Los resultados se proporcionan hora a hora, y cada dato podrá ser positivo o negativo, esto dependerá si el muro está aportando calor al interior del edificio o por el contrario quitándole calor a este. Los resultados, según la unidad puesta en el programa, se aportan en vatios (potencia), aunque como son aportados hora a hora se puede decir que el aporte sumado de las distintas horas se da en vatios hora (energía). Tras la obtención de estos datos que se proporcionan en columnas, se suman produciéndose el total para el período calculado de los vatios hora (energía) que produce la altura de muro introducida por un metro de ancho. Esta suma se realiza en la parte inferior de las columnas, de las ganancias que entran a través del muro, y de las ganancias que consigue el aire al pasar por la cámara. Ambos valores finales son sumados proporcionando la cantidad total de ganancias energéticas en vatios hora que aporta el muro para un cierto número de meses para una altura de muro igual a la introducida en las variables de entrada y un ancho de muro de un metro.

Para el caso de verano las ganancias que proporciona en este caso la fachada ventilada serán negativas, ya que es lo que se requiere, restar calor al habitáculo, y para el caso de calefacción todo lo contrario.

Esta herramienta, ha hecho posible la evaluación varios sistemas pasivos de acondicionamiento térmico y con la introducción de datos procedentes de los resultados de otros sistemas también ha simulado algunas combinaciones de los métodos evaluados en este proyecto.

2.6 ANEXO 6. FICHA TÉCNICA SENSOR TEMPERATURA TROMB.



National Semiconductor

November 2000

LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in $^{\circ}$ Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ at room temperature and $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ over a full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35 is low-output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 μA from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^{\circ}\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-18 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-18 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in $^{\circ}$ Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteed (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

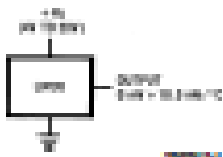
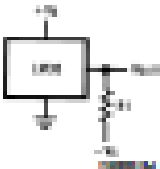


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
(-55°C to $+150^{\circ}\text{C}$)



Current $I_i = +100\text{ nA}$
 $V_{OUT} = 100\text{ mV}$ at $+100^{\circ}\text{C}$
 $= +200\text{ mV}$ at $+50^{\circ}\text{C}$
 $= +100\text{ mV}$ at 0°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

Connection Diagrams

**TO-18
Metal Can Package***

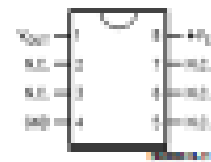


*Case is connected to negative pin (V_{SS})

Order Number LM5027, LM5027A, LM5027B, LM5027C or LM5027D

See NS Package Number H02H

**SO-8
Small Outline Shaded Package**



N.C. = No Connection

Top View

Order Number LM5027

See NS Package Number H02A

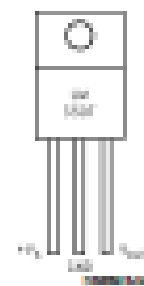
**TO-18
Plastic Package**



Order Number LM5027, LM5027A or LM5027B

See NS Package Number J02A

**TO-220
Plastic Package***



*Pin 1 is connected to the negative pin (V_{SS})

Note: The LM5027 pinout is different from the discontinued LM5027P.

Order Number LM5027

See NS Package Number T02D

LM35

Electrical Characteristics								
(Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.8, +10.2$		$+10.0$		$+9.8, +10.2$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4 \text{ V} \leq V_{\text{IS}} \leq 30 \text{ V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{\text{IS}} = +5 \text{ V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_{\text{IS}} = +5 \text{ V}$	105		158	91		138	μA
	$V_{\text{IS}} = +30 \text{ V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_{\text{IS}} = +30 \text{ V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4 \text{ V} \leq V_{\text{IS}} \leq 30 \text{ V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4 \text{ V} \leq V_{\text{IS}} \leq 30 \text{ V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.7$	$+0.39$		$+0.7$	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	$+1.5$		$+2.0$	$+1.5$		$+2.0$	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_{\text{IS}} = +5 \text{ Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W , junction to ambient, and 34°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

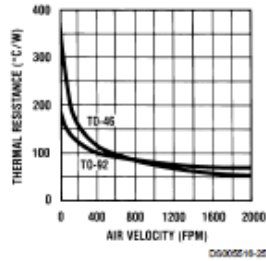
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

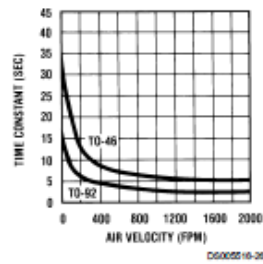
Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

Typical Performance Characteristics

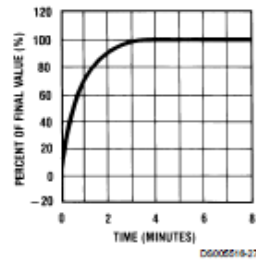
Thermal Resistance
Junction to Air



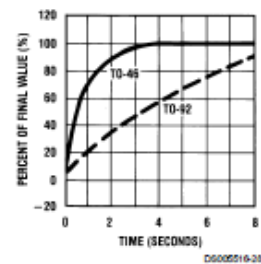
Thermal Time Constant



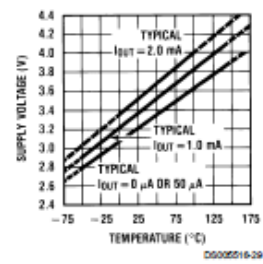
Thermal Response
in Still Air



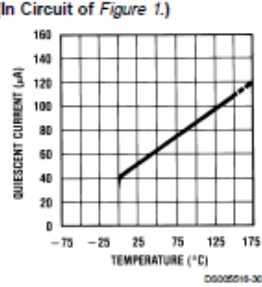
Thermal Response in
Stirred Oil Bath



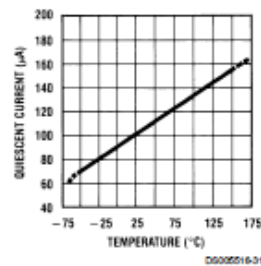
Minimum Supply
Voltage vs. Temperature



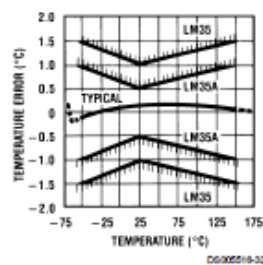
Quiescent Current
vs. Temperature
(In Circuit of Figure 1.)



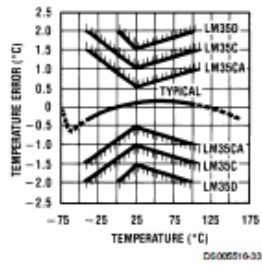
Quiescent Current
vs. Temperature
(In Circuit of Figure 2.)



Accuracy vs. Temperature
(Guaranteed)



Accuracy vs. Temperature
(Guaranteed)

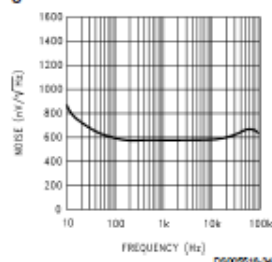


LM35

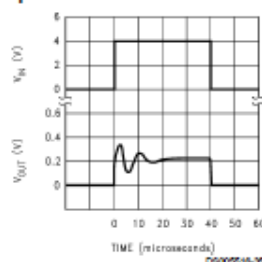
LM35

Typical Performance Characteristics (Continued)

Noise Voltage



Start-Up Response



Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance, θ_{JA})

	TO-46, no heat sink	TO-46*, small heat fin	TO-92, no heat sink	TO-92**, small heat fin	SO-8 no heat sink	SO-8*, small heat fin	TO-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	90°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	26°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W			
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W			
(Clamped to metal, infinite heat sink)		(24°C/W)				(55°C/W)	

*Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

**TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

Typical Applications

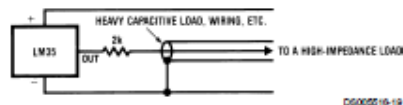


FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load

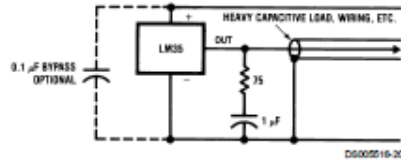


FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, Figure 6 or Figure 8 it is relatively immune to wiring capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc., as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figure 13, Figure 14, and Figure 16.

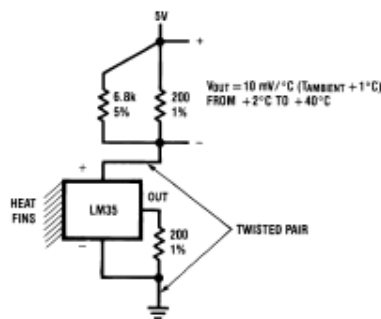


FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)

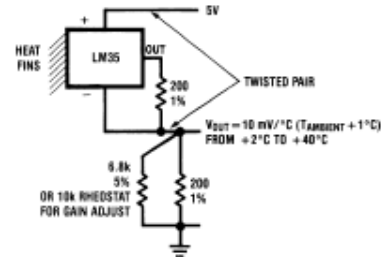


FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

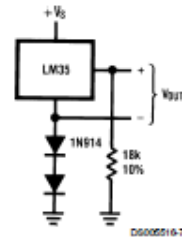


FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, -55° to +150°C

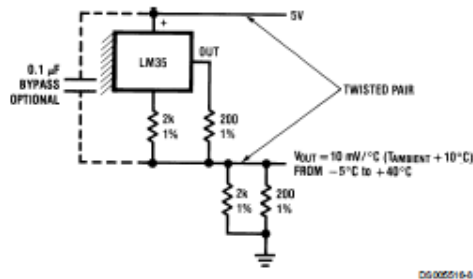


FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

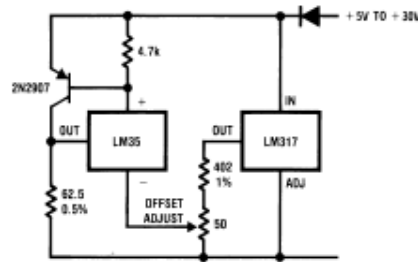


FIGURE 9. 4-To-20 mA Current Source (0°C to +100°C)

LM135



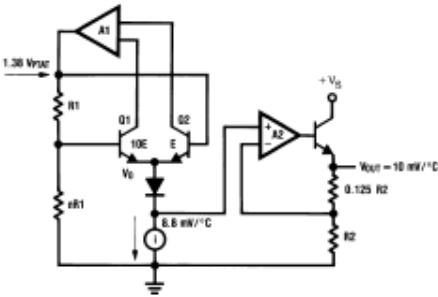
FIGURE 15. Bar-Graph Temperature Display (Dot Mode)



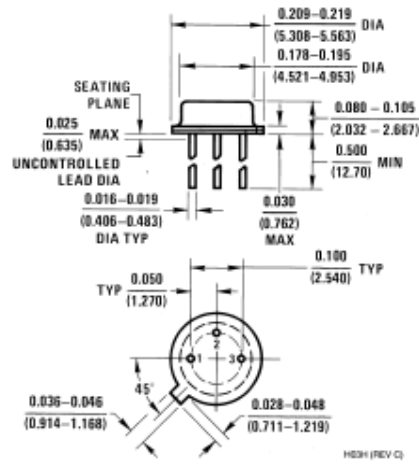
9

LM35

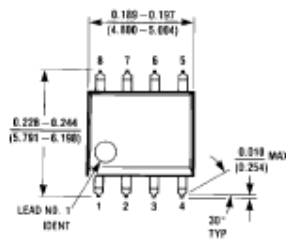
Block Diagram



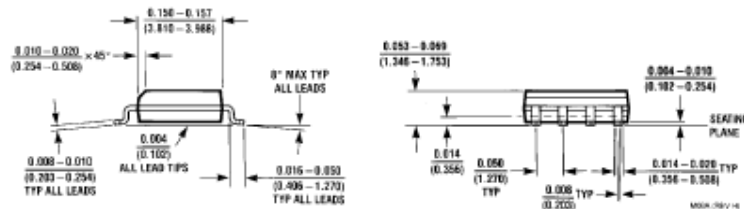
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



TO-46 Metal Can Package (H)
Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,
LM35CAH, or LM35DH
NS Package Number H03H

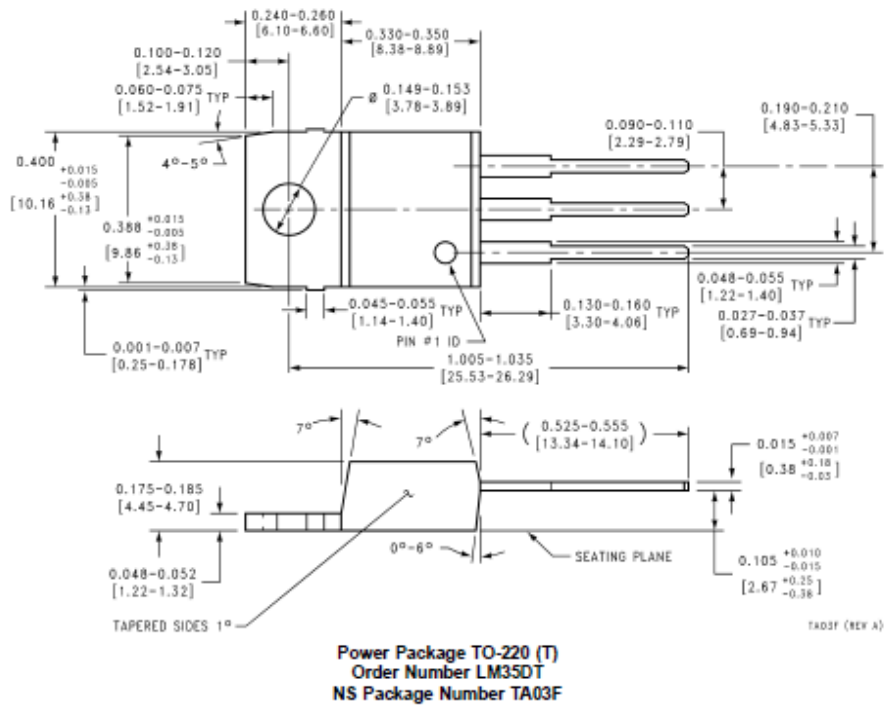


SO-8 Molded Small Outline Package (M)
Order Number LM35DM
NS Package Number M08A

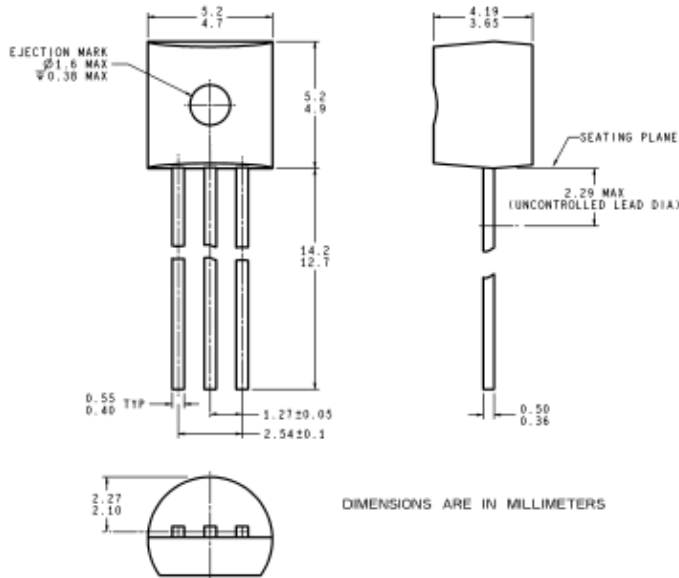


LM35

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



203A (Rev. 0)

TO-92 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number Z03A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

N National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 180-530 85 88
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch: Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English: Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français: Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7580
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

2.7 ANEXO 7. FICHA TÉCNICA COMPUERTAS REGULACIÓN TROMBE



Material de Difusión, Zonificación,
Rejillas Intumescentes y Clima Lighting

 TARIFA DE PRECIOS **2014**


www.euroclima.es


DIFUSIÓN, S.A

Compuertas de regulación

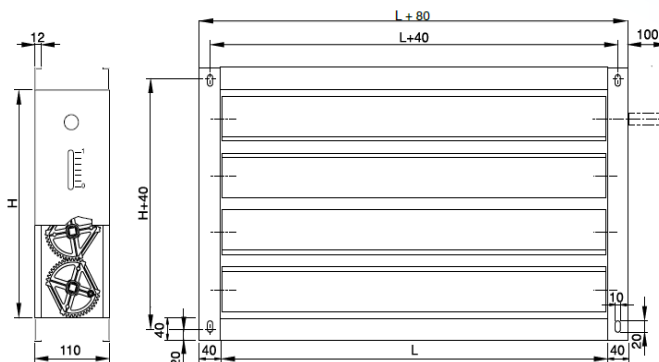
E-CRC



Compuerta de regulación con bastidor de chapa galvanizada y lamas de aluminio

E-CRC: Compuerta de regulación con bastidor de chapa galvanizada y lamas opuestas.

Pérdida de presión y nivel sonoro mínimo.



Nº de lamas	L	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
1	100	90,80	94,66	98,52	101,25	105,59	110,60	113,38	119,19	122,45	133,66	138,62
2	200	113,53	117,36	122,97	124,20	129,77	136,11	140,65	144,72	147,12	152,95	157,77
3	300	136,30	140,87	146,91	151,25	160,22	167,88	171,49	177,67	181,96	189,81	194,64
4	400	159,00	166,13	173,73	181,16	188,58	193,88	200,84	207,40	212,73	222,92	228,61
5	500	181,83	190,16	200,13	209,26	215,16	222,82	233,56	239,08	248,93	259,00	269,43
6	600	204,55	213,19	222,05	230,67	239,30	248,19	262,46	270,49	281,11	291,07	300,28
7	700	227,40	238,37	250,75	259,96	265,52	279,24	292,79	302,28	317,18	327,91	337,63
8	800	251,76	263,40	275,05	286,45	288,56	309,59	321,42	333,32	343,13	360,45	370,38
9	900	272,80	289,43	300,76	314,90	316,28	338,50	354,25	368,76	381,94	399,13	411,88
10	1000	297,48	311,52	325,51	339,35	341,50	367,51	381,69	400,35	417,19	433,70	446,64
11	1100	318,34	337,07	350,98	367,58	372,99	399,55	417,01	430,74	446,33	468,56	486,55
12	1200	342,93	359,53	375,92	392,24	394,36	425,23	441,88	461,05	473,41	500,35	520,12
13	1300	363,81	387,71	404,19	420,75	422,16	454,90	474,07	494,08	508,91	535,94	561,27
14	1400	388,58	412,86	431,23	445,24	447,40	483,09	502,23	524,81	538,60	566,36	590,98

En caso de solicitar compuertas con motor incorporado, para estas medidas se recomienda motor NM230A o NM24A.

Tipos de mando		Con motor incorporado	
Manual	Sin incremento de precio	LM230A / LM24A	+110,00*
Preparada para motorizar	Sin incremento de precio	NM230A / NM24A	+138,00*

*Familia de descuento: 25-Servomotores

Opcional: Incremento por acoplar dos compuertas en forma de «L»: 25% del valor neto de la suma de ambas.

NOTA IMPORTANTE: Siempre al pedir una compuerta, la primera medida corresponderá a la longitud de la lama (L) y la segunda a la altura de la compuerta (H).

Es posible fabricar compuertas de medidas distintas a las indicadas en la tabla de precios en cota L. En cota H no se puede fabricar otras medidas.

Fábrica:



Polígono Industrial "El Verdguer" C/ Joan Vilaragut, 22
08560 - Manlleu - Barcelona - Spain
Tel.: (+34) 93 307 55 00 - Fax: (+34) 93 307 19 00
www.euroclima.es

Distribuidor:

2.8 ANEXO 8. FICHA TÉCNICA PANEL FIBROCEMENTO

Sistema de construcción ligera en seco

FICHA TÉCNICA
DE PRODUCTO

CEMPANEL
El Placer de Construir

PANEL DE FIBROCEMENTO

Funcionalidad y versatilidad en texturas y acabados



Placas planas de 1,22 m x 2,44 m de diferentes espesores fabricadas a base de cemento Portland, sílice, fibras naturales y aditivos de alta calidad, que mediante el proceso de fabricación y autoclavado, durante el cual se somete el producto a condiciones de alta temperatura y presión, obtienen características específicas como una alta estabilidad dimensional, dureza y resistencia mecánica.

Con estas propiedades, las placas de fibro cemento marca CEMPANEL® presentan los grandes beneficios de la facilidad para trabajar de la madera, combinados con la resistencia y durabilidad del cemento.

Presentaciones y acabados



Biselado (1)
12 mm



Liso (2)
todos los espesores



Adhepanel (3)
8, 10 y 12 mm



Cedar (4)
todos los espesores



Rectificado (5)*
todos los espesores



Fiesta (6)*
todos los espesores



Ranurado (7)
8 y 12 mm



Image (8)*
8, 10 y 12 mm

Dimensiones y pesos

Ancho m	Longitud m	Espesor mm	Peso placa kg	Peso m²
1,22	2,44	4,0	17,8	5,96
1,22	2,44	6,0	26,7	8,97
1,22	2,44	8,0	35,7	11,99
1,22	2,44	10,0	44,6	14,98
1,22	2,44	12,0	53,5	17,97
1,22	2,44	18,0*	80,20*	26,94

* Solo sobre pedido

* Sobre pedido

CEMPANEL® es una marca Registrada por Mexalt Industrial S.A. de C.V. y Grupo Eureka, quienes garantizan los productos contra defectos de fabricación, y no asumen ninguna responsabilidad sobre la instalación de sus productos, ni por cualquier daño o percance ocurrido a consecuencia del mal uso o manejo de los mismos. Todas las consideraciones y recomendaciones de los productos CEMPANEL® deberán ser avaladas y revisadas por el responsable de la obra o proyecto, conforme a las especificaciones, normatividades y regulaciones locales.

Sistema de construcción ligera en seco

Usos

CEMPANEL® puede usarse en sistemas de muros interiores o exteriores, plafones, techos, entrepisos, escaleras, muebles, etc., sobre bastidores ligeros metálicos o de madera.

Espesor mm	Acabado	Uso recomendado
4.0	2, 4, 6 y 8	Muebles, tableros, puertas
6.0	2, 4, 6 y 8	Plafones, muros interiores, cancelas y muros curvos,
8.0	2, 3, 4, 5, 6 y 8	Plafones, muros interiores, fachadas sustratos y muros húmedos
10.0	2, 3, 4, 5, 6 y 8	Muros exteriores e interiores, sustratos y muros húmedos
12.0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8	Sustratos, cubiertas, muros interiores y exteriores
18.0	2, 4, 5, 6 y 8	Entrepisos y cubiertas

Propiedades Físicas

Propiedad	Valor	Método de prueba
Densidad ambiente (promedio)	1.5 kg/dm³	
Resistencia a la flexión Longitudinal (A)	8 MPa	NMX-C-234-ONNCE ASTM C-1185 ISO-8338
Resistencia a la flexión Transversal (A)	12 MPa	
Resistencia a la flexión Longitudinal (S)	6 MPa	
Resistencia a la flexión Transversal (S)	8.5 MPa	
Absorción de Agua	35%	
Escuadras de panel (Tolerancia)	2.6 mm/m	
Resistencia a ciclos calor-luvia	25 sin falla visible	
Resistencia a ciclos de exposición de agua caliente	25 ciclos sin falla visible	
Variación lineal (de 30% a 90% HR)	0.10 cm/m (0.012 in/ft)	ASTM C-426
Encogimiento	1.6 mm/m (0.019 in/ft)	
Resistencia Térmica R (CEMPANEL® 8 mm)	0.023 m²K/W (0.13 ft²h°F/BTU)	ASTM C-120
Coefficiente de Conductividad Térmica K	0.346 W/mK (2.4 BTUin/hft²F)	
Módulo de Elasticidad Longitudinal (A)	41 162.55 kg/cm² (585 331 lb/sqin)	ASTM C-1185
Módulo de Elasticidad Transversal (A)	35 553.17 kg/cm² (505 566 lb/sqin)	
Combustibilidad	No combustible	ASTM E-136
Índice de Generación de Humo	<5	ASTM E-84
Índice de propagación de flama	0	
Valor Cortante lineal (CEMPANEL® 8 mm)	193.41 kg/m (130 lb/sqft)	

A = Condiciones ambientales S = Saturado

Consideraciones de almacenamiento

- Las estibas deberán descansar sobre una superficie plana nivelada y horizontal, sobre separadores de madera que lo eleven por lo menos 5 cm del nivel de piso y separados a no más de 61 cm.
- Para productos de 4 a 8 mm las estibas pueden ser de hasta 100 piezas. Para productos de 10 a 18 mm se recomienda estibar hasta 50 piezas
- Se pueden apilar una estiba sobre otra, sin rebasar dos. Se recomienda rotar inventarios frecuentemente.
- Los paneles deberán conservarse en un lugar fresco y seco, bajo techo.
- No se recomienda la exposición de los productos a condiciones de intemperie durante su almacenamiento, ya que esto puede causar daños en la superficie expuesta y los cantos.

Consideraciones de instalación

- 1 CEMPANEL® se fija sobre bastidores metálicos o de madera con tornillos o clavos especiales para este producto.
- 2 Los espacios entre fijaciones deben ser no mayores a 20 cm (8") en los perímetros y 30 cm (1') en postes centrales al centros de las fijaciones.
- 3 Las cabezas de las fijaciones se recubren con compuesto para juntas Base Coat CEMPANEL®.
- 4 Las juntas entre placas deberá tener una holgura de 3 a 6 mm y se tratarán conforme a la especificación (Juntas visibles, invisibles o bordes biselados), con los productos adecuados para este fin.
- 5 Para uso en fachadas con junta invisiblese recomienda sellar la superficie del CEMPANEL® antes de instalar y utilizar acabados finales de rugosidad mediana a gruesa.
- 6 Para tableros como Cedar, Fiesta, Biselado o Ranurado se recomienda usar pinturas o selladores hidrofugantes especiales para superficies de cemento o concretoexteriores. Para mayor Información de Instalación consulte la Ficha de Instalación CEMPANEL®.

MEXALIT - EUREKA
Info@mexalit.com
Info@eureka.com
01 800-3-MEXALIT
01 800-00-EUREKA



Incombustible



Resistencia humedad



Térmico



Resistente plagas



M-C-FNL-170811

www.alemantia.com.mx

Una Empresa de

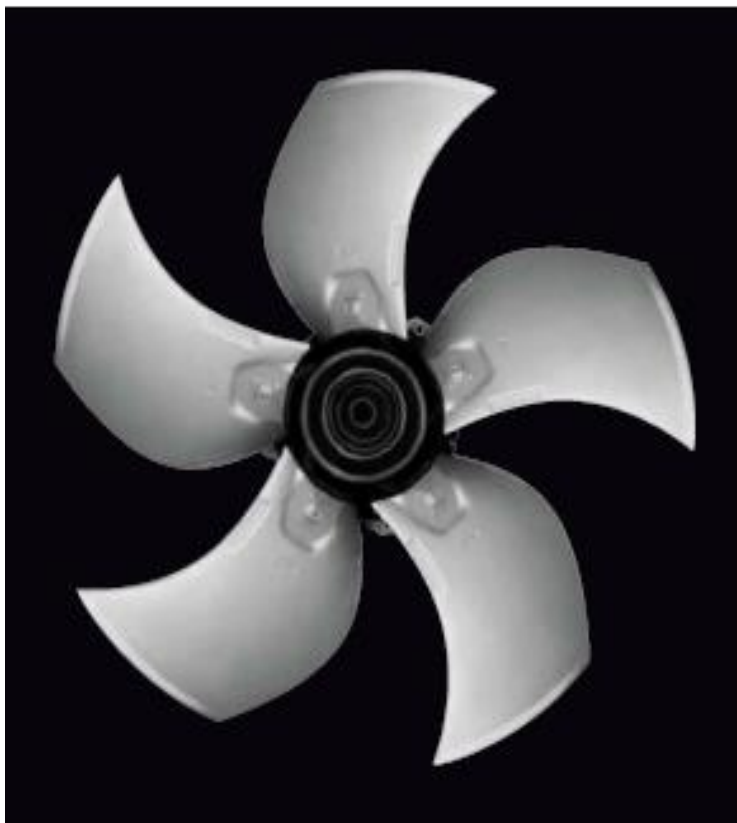


www.mexalit.com.mx
www.grupoalemantia.com.mx

3.2. ANEXO 3. FICHA TÉCNICA VENTILADOR

Axial fans

version 07



The engineer's choice

ebmpapst

AC axial fans

S series, Ø 250



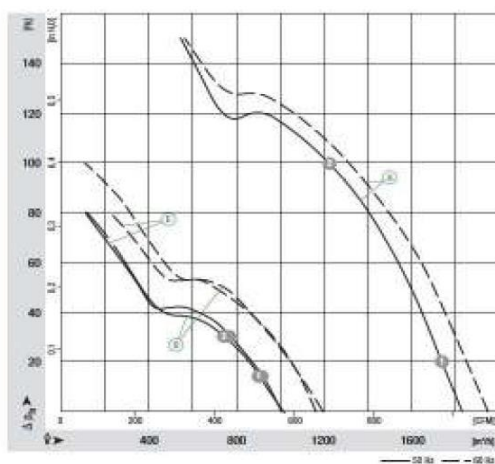
- **Material:** Guard grille: Steel, phosphated and coated in black plastic
Wall ring: Sheet steel, pre-galvanised and coated in black plastic
Blades: Sheet steel, coated in black
Rotor: Coated in black
- **Number of blades:** 7
- **Direction of rotation:** Counter-clockwise, seen on rotor
- **Type of protection:** IP 44
- **Insulation class:** "B"
- **Mounting position:** Shaft horizontal or rotor on bottom; rotor on top on request
- **Condensate discharges:** Rotor-side
- **Mode of operation:** Continuous operation (S1)
- **Bearings:** Maintenance-free ball bearings

Nominal data		Curve	Nominal voltage	Frequency	Air flow	Speed/rpm	Power input	Current draw	Capacitor	Sound pressure level	Max. operating range	Permit. amb. temp.	Mass without accessories	Electr. connection
Type	Motor		VAC	Hz	m³/h	rpm	W	A	µF/VDS	dB(A)	Pa	°C	kg	p. 416 f.
*2D 250 ⁽¹⁾	M2D 068-CF	(A)	3~ 230/400	50	1830	2500	100	0.34/0.20	—	69	150	-25 to +65	2.1	C1/C2
			3~ 230/400	60	1950	2650	140	0.40/0.23	—	70	150	-25 to +45		
*2E 250	M2E 068-CF	(B)	1~ 230	50	1820	2450	115	0.51	3.0/400	69	120	-25 to +65	1.9	A1)
			1~ 230	60	1970	2600	150	0.66	3.0/400	71	85	-25 to +50		
*4D 250 ⁽¹⁾	M4D 068-CF	(C)	3~ 230/400	50	1010	1400	25	0.12/0.07	—	54	70	-25 to +85	1.9	C1/C2
			3~ 230/400	60	1140	1580	32	0.12/0.07	—	57	70	-25 to +80		
*4E 250	M4E 068-BF	(D)	1~ 230	50	1010	1400	42	0.19	1.5/400	54	80	-25 to +55	1.9	A1)
			1~ 230	60	1200	1630	45	0.20	1.5/400	58	100	-25 to +70		
*4S 250	M4S 068-CF	(E)	1~ 230	50	1000	1390	69	0.53	—	54	80	-25 to +50	1.7	B)
			1~ 230	60	1160	1600	63	0.45	—	58	80	-25 to +65		

subject to alterations


(1) 230 VAC, 50 / 400 VAC

Curves

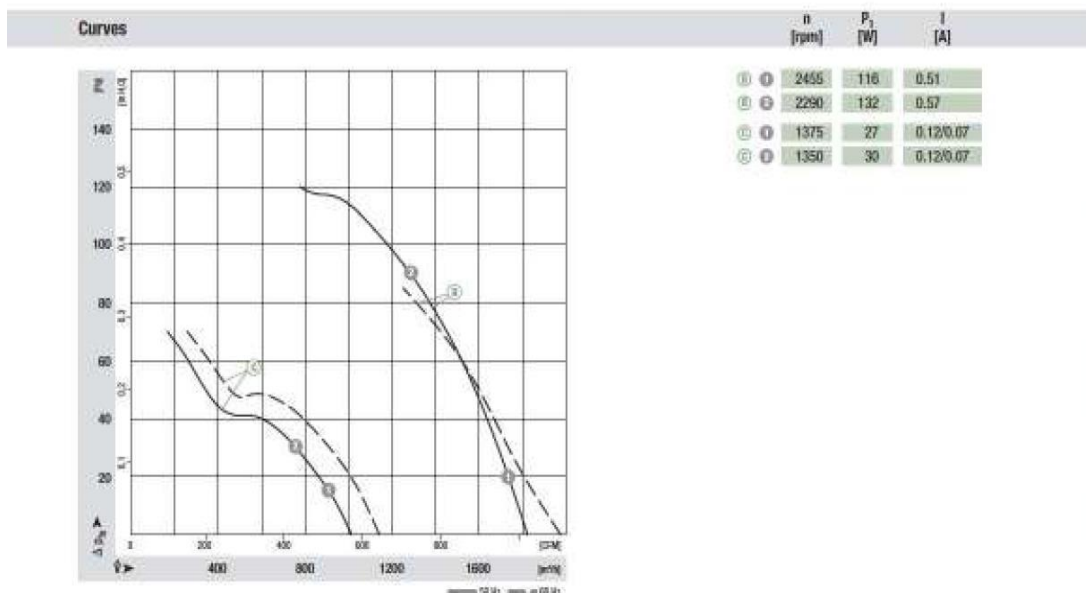


	n [rpm]	P ₁ [W]	I [A]
(A) ①	2455	106	0.34/0.20
(A) ②	2310	125	0.38/0.22
(B) ①	1370	43	0.20
(B) ②	1360	45	0.20
(D) ①	1370	71	0.53
(D) ②	1360	73	0.53

- Motor protection: ① ② Without TOP, ③ ④ ⑤ TOP wired internally
- Cable exit: ⑥ ⑦ ⑧ Lateral, ⑨ ⑩ variable
- Protection class: I
- Product conforming to standards: EN 60335-1, ④ ⑤ ⑥ also CE
- Approvals: ⑦ ⑧ ⑨ CCC; ⑩ also GOST

Direction of air flow				
	< "V"/"A" > Without attachments	< "V"/"A" > With full round nozzle ⁽¹⁾	< "V"/"A" > With guard grille for full nozzle	< "V"/"A" > With guard grille for short nozzle
"V"	A2D 250-AH02 -01	W2D 250-CH02 -01	S2D 250-BH02 -01	S2D 250-AH02 -01
"A"	A2D 250-AI02 -01	W2D 250-CI02 -01	S2D 250-BI02 -01	S2D 250-AI02 -01
"V"	A2E 250-AL06 -01	W2E 250-CL06 -01	S2E 250-BL06 -01	S2E 250-AL06 -01
"A"	A2E 250-AM06 -01	W2E 250-CM06 -01	S2E 250-BM06 -01	S2E 250-AM06 -01
"V"	A4D 250-AH22 -01	W4D 250-CH22 -01	S4D 250-BH22 -01	S4D 250-AH22 -01
"A"	A4D 250-AI22 -01	W4D 250-CI22 -01	S4D 250-BI22 -01	S4D 250-AI22 -01
"V"	A4E 250-AH02 -01	W4E 250-CH02 -01	S4E 250-BH02 -01	S4E 250-AH02 -01
"A"	A4E 250-AI02 -01	W4E 250-CI02 -01	S4E 250-BI02 -01	S4E 250-AI02 -01
"V"	A4S 250-AH02 -01	W4S 250-CH02 -01	S4S 250-BH02 -01	S4S 250-AH02 -01
"A"	A4S 250-AI02 -01	W4S 250-CI02 -01	S4S 250-BI02 -01	S4S 250-AI02 -01

(1) Increased noise levels in "V" direction of air flow



ebm papst

Drawings
p. 30 f.

Guard grille
p. 362 f.

Wall ring
p. 372 f.

Terminal box
p. 381

Capacitor
p. 382 f.

Electric connections
p. 416 f.



2.10 ANEXO 10. FICHA TÉCNICA COMPUERTA CIRCULAR CONDUCTOS ENTERRADOS



SALVADOR ESCODA S.A.

www.salvadorescoda.com

Provença, 392 pl. 2
08025 BARCELONA
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 90 32

TARIFA DE PRECIOS

I.V.A. NO INCLUIDO. CONSULTE POSIBLES ACTUALIZACIONES

COMPUERTAS DE REGULACIÓN CIRCULARES

Serie SCC

Descripción: Compuertas de regulación de caudal y presión del aire para instalar en conducto circular.

Construidas en acero galvanizado.

SCC-R Compuerta de regulación de aire.

SCC-E Compuerta de regulación co junta de estanqueidad al paso de aire.

.../MA/ Mando manual.

.../MO/ Eje de motorizar.



Accesorios

K1 Sistema de control de la temperatura de temperatura de 1 zona con compuertas con motor tipo On / Off. Cambio automático de modo frío / calor.

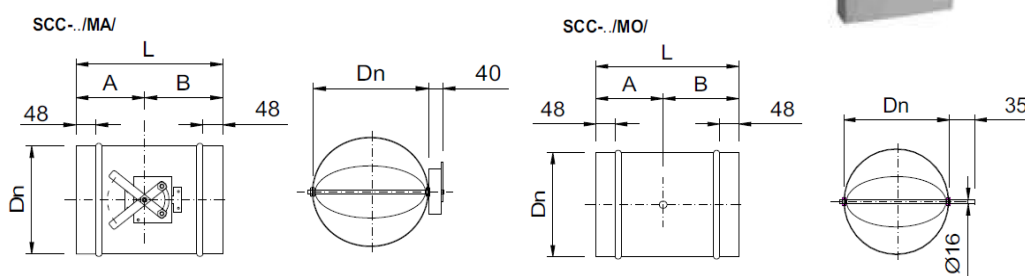
TF Termostato con cables, de cambio de modo frío / calor manual, para el control de la temperatura de 1 zona con compuertas con servomotor On / Off (54,39€)

M5 Servomotor T/N a 24/230v de 5 N (95,21€)

MC5 Servo T/N a 24/230v de 15 N con final de carrera (125,38€)

Fijación: 1) Cuello recto para montaje en conducto

Prescripción: Sum. y col. de compuerta de regulación de caudal para conducto circular y mando manual serie SCC-MA dim. 100. Construidas en acero galvanizado y cojines de nylon. Con elementos necesarios para montajes. Marca MADEL



Ø mm	SCC-R	SCC-E	Ak m2
100	24,41	26,66	0,0078
125	25,65	27,97	0,0123
150	26,80	29,17	0,0176
160	26,88	29,31	0,0201
200	28,11	30,65	0,0314
250	29,30	31,99	0,0491
315	31,79	34,65	0,0779
355	36,10	39,31	0,0989

D	Dn	L	A	B
100	98	265	105	160
125	123	265	105	160
150	148	265	105	160
160	158	265	105	160
200	198	295	130	165
250	248	335	145	190
315	313	345	155	190
355	353	400	180	220

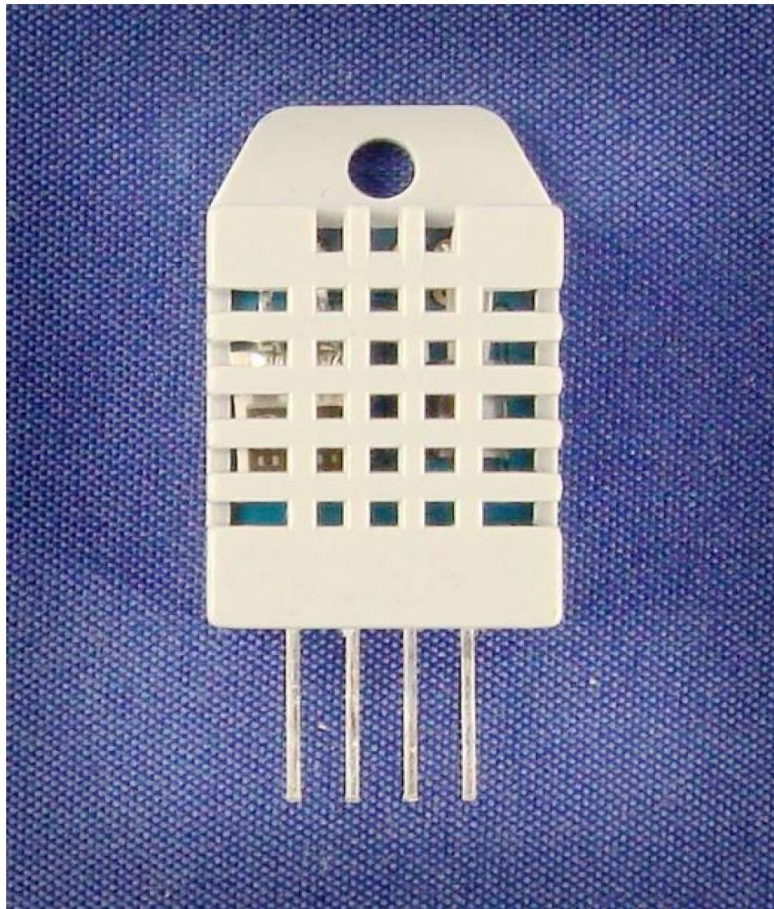
2.11 ANEXO 11. FICHA TÉCNICA SENSOR HUMEDAD Y TEMPERATURA PARA CONDUCTOS

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

DHT22 (DHT22 also named as AM2302)



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated
- * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal
- * Outstanding long-term stability
- * Extra components not needed
- * Long transmission distance
- * Low power consumption
- * 4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

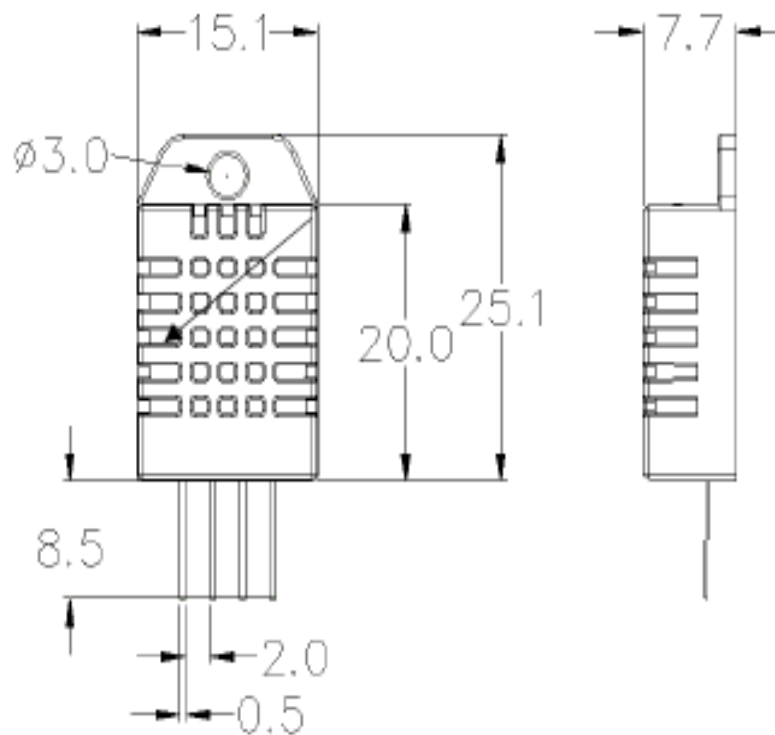
Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity $\pm 2\%$ RH(Max $\pm 5\%$ RH); temperature ± 0.5 Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1 Celsius
Repeatability	humidity $\pm 1\%$ RH; temperature ± 0.2 Celsius
Humidity hysteresis	$\pm 0.3\%$ RH
Long-term Stability	$\pm 0.5\%$ RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

4. Dimensions: (unit—mm)

1) Small size dimensions: (unit—mm)

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	NULL
4	GND

4

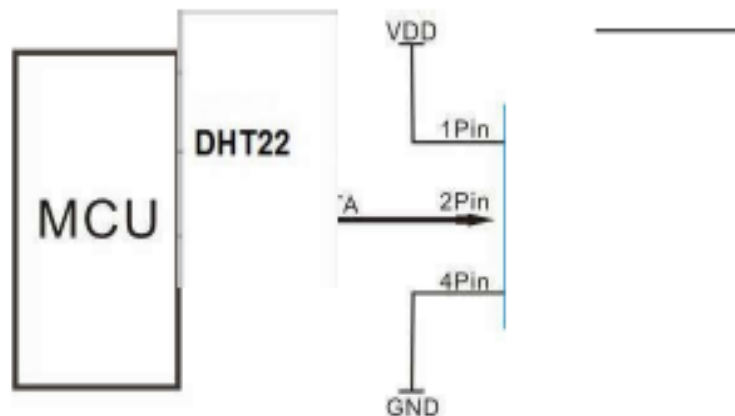
Thomas Lin (Business Manager)

Email: thomaslin198518@yzhoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

5. Electrical connection diagram:



3Pin—NC, AM2302 is another name for DHT22

6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and DHT22, it costs 5ms for single time communication.

Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.

DHT22 send out higher data bit firstly!

DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum

If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

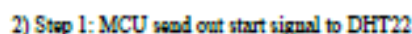
When MCU send start signal, DHT22 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishes sending the start signal, DHT22 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Your specialist in innovative humidity & temperature sensors

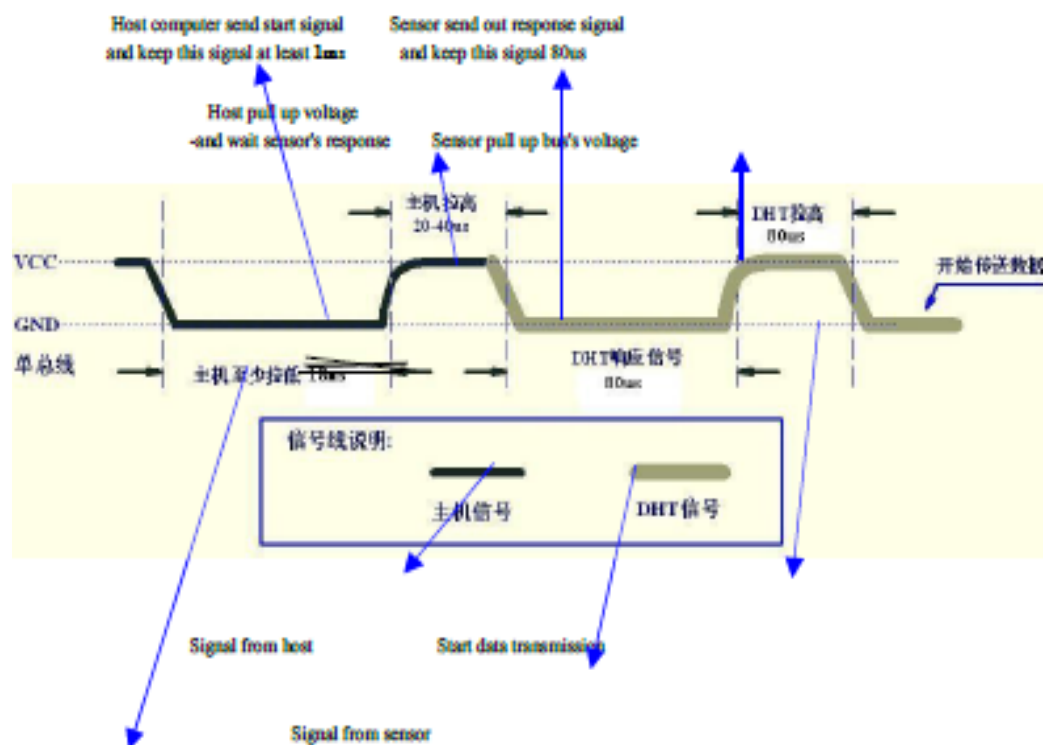
1) Check bellow picture for overall communication process:



Check bellow picture for step 1:

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Single-bus signal

Step 2: DHT22 send response signal to MCU

When DHT22 detect the start signal, DHT22 will send out low-voltage-level signal and this signal last 80us as response signal, then program of DHT22 transform data-bus's voltage level from low to high level and last 80us for DHT22's preparation to send data.

Check bellow picture for step 2:

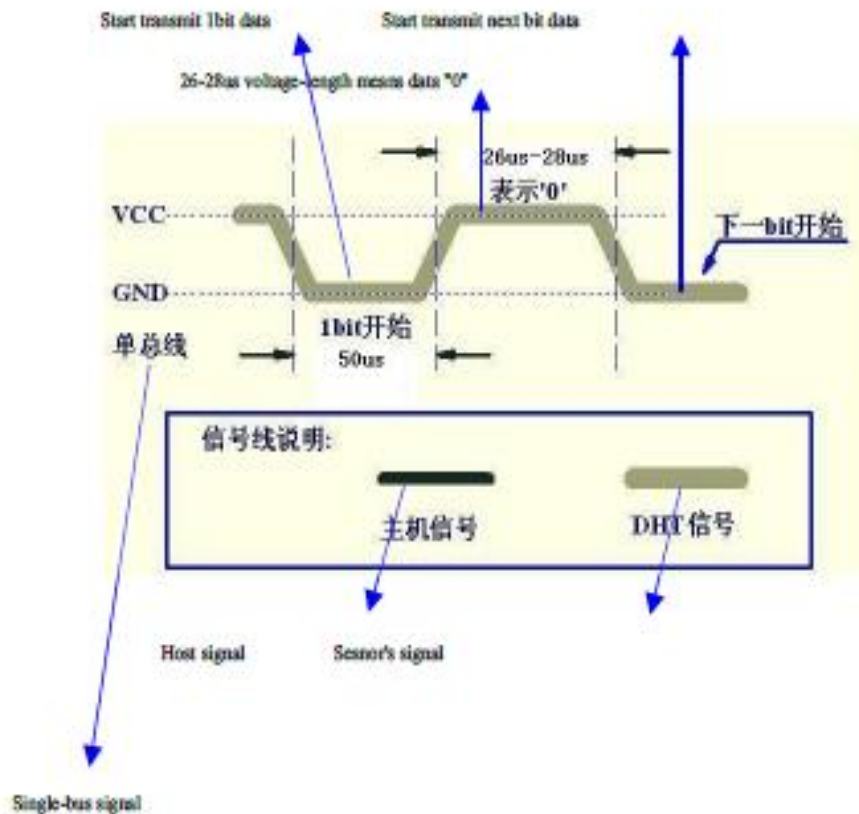
7

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomaslin198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Step 3: DHT22 send data to MCU

When DHT22 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0".

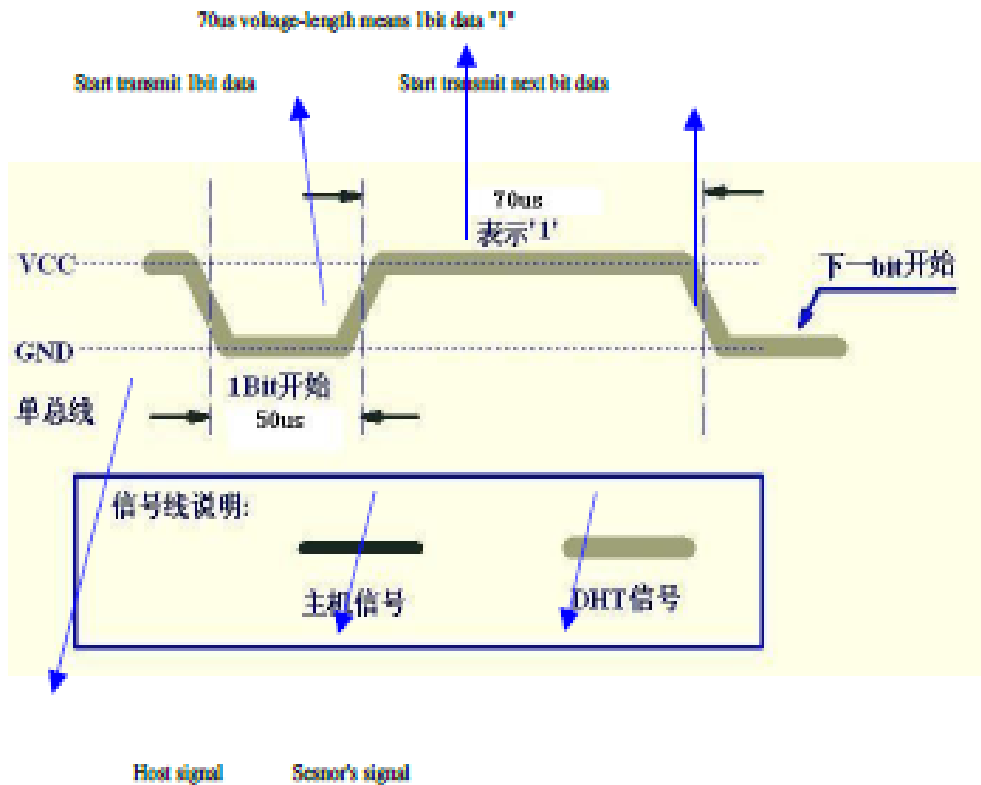
Check bellow picture for step 3:

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Single-bus signal

If signal from DHT22 is always high-voltage-level, it means DHT22 is not working properly, please check the electrical connection status.

7. Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	6	V
Current supply	Measuring	1		1.5	mA
	Stand-by	40	Null	50	uA
Collecting period	Second		2		Second

*Collecting period should be : >=2 second.

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

8. Attentions of application:

(1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT22 sensor can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere DHT22's sensitive-elements and debase DHT22's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

DHT22 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase DHT22's performance.

(6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

* Welding temperature should be bellow 260Celsius.

* Avoid using the sensor under dew condition.

* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of DHT22 may cause personal injury.

2.12 ANEXO 12. FICHA TÉCNICA KIT EQUIPO DE PULVERIZACIÓN DE AGUA

KIT MICROCLIMA 3. LINEA DE NEBULIZACIÓN CON 15 BOQUILLAS CON TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE DE 10 MM CON CONEXIONES RAPIDAS

KIT DE NEBULIZACIÓN DE AGUA A ALTA PRESIÓN.
Equipo completo para la instalación del sistema.

INVERSION ECONÓMICA Y
MUY PRODUCTIVA

¡NOVEDAD!



Características Técnicas

Bomba profesional de alta presión. Homologado CE
Presión de trabajo: 70-100 bar
Caudal variable: by-pass interno
Electroválvula entrada de agua
Electroválvula de despresurización del sistema para evitar goteos
Bomba de 1-2 l/min (4-20 boquillas de 0,2 mm)
Protector térmico.
Mando a distancia para encendido-apagado.
Panel digital programable.
Presostato para protección de la bomba por falta de agua.
Carcasa de acero pintado (opcional).
Dimensiones: 600x300x400 mm



Panel de control



Control remoto



Sonda T°/Hdad
opcional

Humi
Ambiente
SISTEMAS DE HUMIDIFICACIÓN

C/ Jerez, 70 - 28230 Las Rozas (Madrid)
Tel : 91 634 35 42
Fax : 91 639 80 92
Móv : 615 56 14 93 - 645 845 726
humiambiente@humiambiente.com
www.humiambiente.com



Sistema novedoso que combina funcionalidad y elegancia

SE ADAPTA FACILMENTE A CUALQUIER ESTRUCTURA

Muy fácil montaje - Sencillo y resistente
SIN HERRAMIENTAS



15 Tramos tubo de acero inoxidable de 10 mm alta presión. Tamaño 75cm.



1 Cortador de tubo



25 Metros de tubo de alta presión de 3/8". Poliamida con tratamiento ultra-violeta.



14 Conexiones de alta presión para 1 boquilla. Latón cromado.



1 Codo alta presión para tubo de 3/8". Latón cromado



1 T alta presión para tubo de 3/8". Latón cromado



1 conexión final con rosca para boquilla de alta presión de 3/8".



15 Conjuntos nebulización Humi Fog 2 acero inox.



40 Abrasideras de acero inox con goma aislante.


Humi
Ambiente
SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN

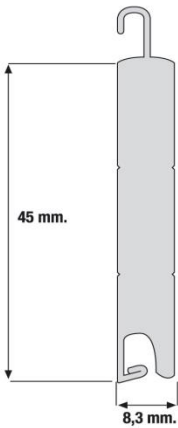
C/ Miraz, 70 - 28230 Las Rozas (Madrid)
Tel : 91 634 35 42
Fax : 91 639 80 92
Móv : 615 56 14 93 - 645 845 726
humiambiente@humiambiente.com
www.humiambiente.com

2.13 ANEXO 13. FICHA TÉCNICA PERSIANA ALUMINIO TÉRMICO R-45

LAMA DE ALUMINIO TERMICA

R-45





CARACTERISTICAS TECNICAS

Altura de Lama:	45 mm.
Nº de Lamas por metro de altura:	22,22
Medidas máximas de uso:	240 x 240
Peso por M ² :	3 Kg.

cm. de Altura	cm. de rollo ø 60
80	13,7
100	15,5
120	16
140	16,5
160	17,5
180	19,2
200	20,1
220	20,5
240	21
260	21,8

COLORES EN STOCK:

BLANCO	MARFIL	MARFIL RAL 1015	PLATA	BRONCE	INOX 9750	MADERA CLARO	MADERA OSCURO	PINO NUDO	GRIS 7011	GRIS RAL 7012
GRIS RAL 7022	GRIS RAL 7035	ROJO RAL 3005	VERDE RAL 6005	VERDE RAL 6009	MARRON RAL 8017	MARRON RAL 8019	MARRON RAL 8014	PIZARRA	NEGRO RAL 9011	

Otros colores: consultar plazo de entrega.

FICHA TECNICA

MODELO LAMA DE ALUMINIO TERMICA R-45

LACADO

PROPIEDADES DEL LACADO	POLIAMIDA		
MATERIAL	NORM.	U.M.	VALOR
ESPESOR	ECCA T1	Micras	18-2/+6
DUREZA DEL LÁPIZ	ECCA T4	Mina	H
BRILLO	ECCA T2	GLOSS	20+/-8
ADHERENCIA	DIN 53155	%	100
IMPACTO	ECCA T5	kg./cm.	32
MEK TEST	A1CC23	Doble rubs	150
FLEXIBILIDAD	ASTM 4145	NºT	2

DURABILIDAD DEL LACADO

ACIDO, SAL, FUEGO	ASTM B287	Hour	1000
HUMEDAD	ASTM D2256	Hour	1000

PROPIEDADES TECNICAS DEL ALUMINIO

Norm. Astm E8	
ALECCIÓN	3005
ESPESOR	0,25 -0,27 mm.
DUREZA	H48
TENSIÓN	U.M. VALOR
FLEXIBILIDAD	N/mm ² 190 min.
ALARGAMIENTO	N/mm ² 160 min.
	% 2,5 min.

PROPIEDADES DE LA ESPUMA

RELACIÓN DE MEZCLA POLIOL-ISOCIONATO	100 - 130
DENSIDAD LIBRE	45+/-3

DOCUMENTO Nº3: PLANOS

Nota: Este documento solo recoge planos, los cuales han sido nombrados por secciones. En él se encuentran las secciones desde la A hasta la F, correspondiendo cada una de ellas a un conjunto de planos. Cada sección está recogida en un formato A4 y están ordenadas en disposición en el documento siendo la primera la A y la última la sección F.

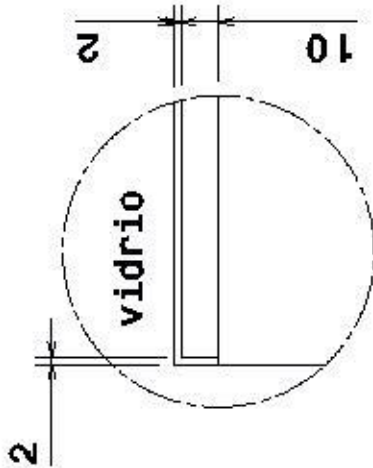
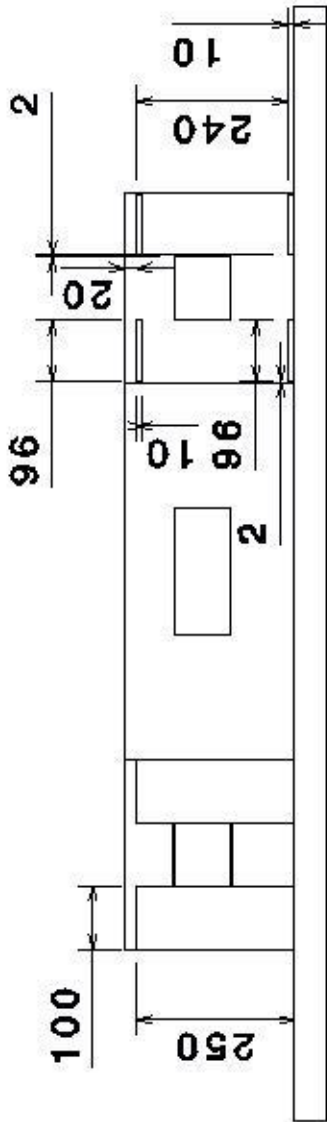
A

m

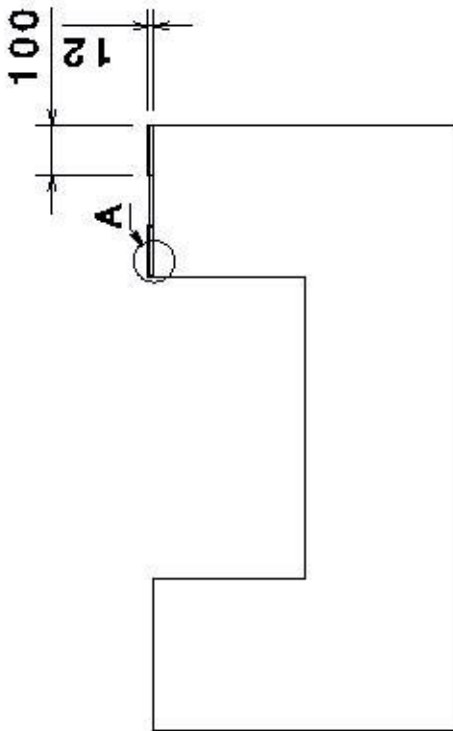
C

D

Front view
Scale: 1:12



Front view
Scale: 1:15



Detail A
Scale: 1:2

DESIGNED BY:
José Antonio
DATE: 01/06/2016
CHECKED BY: XXX
DATE: XXX

SIZE
A4
SCALE
1:1
HEIGHT (kg)
DRAWING NUMBER
1/1

Universidad de Cádiz

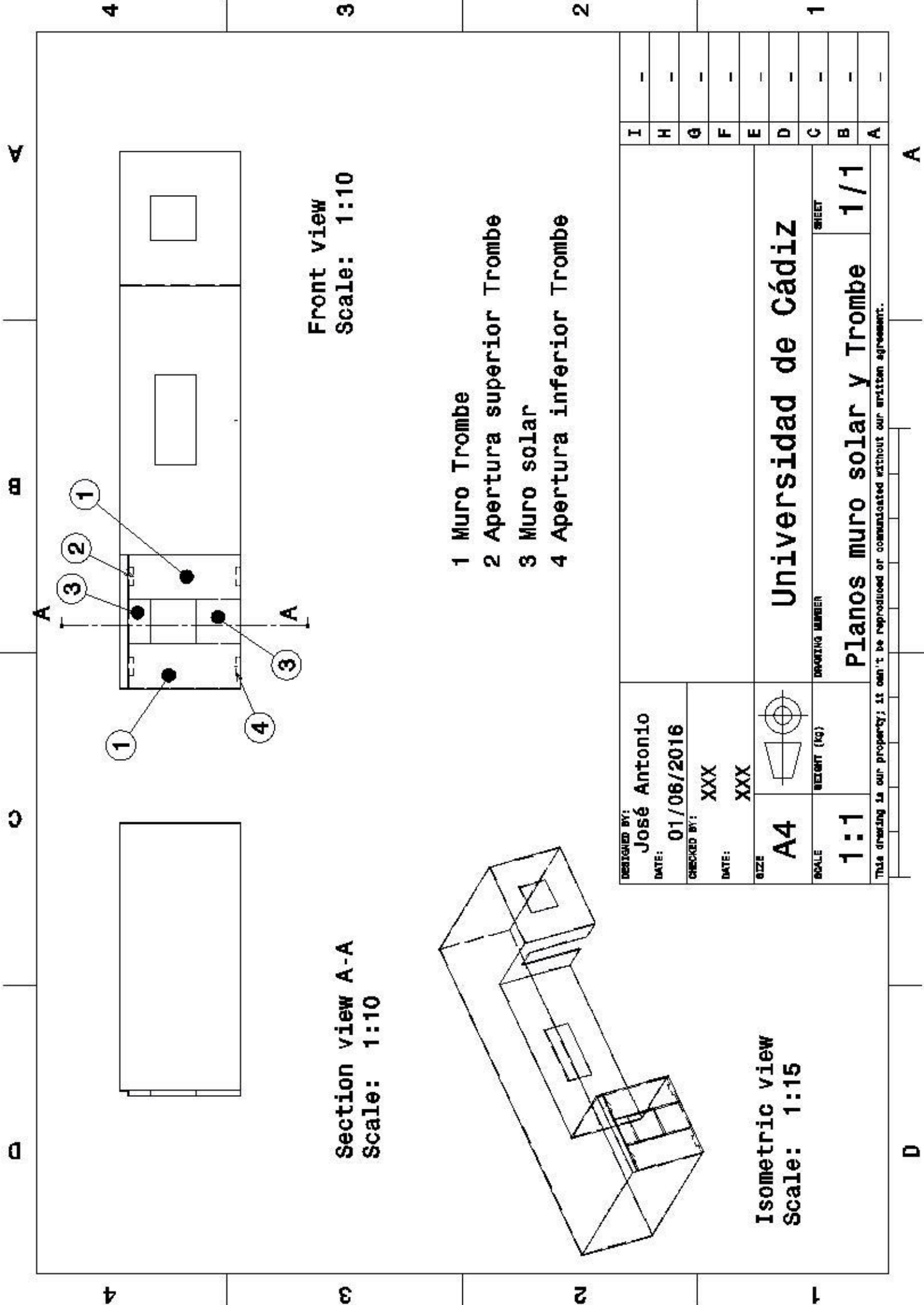
Planos muro Trombe

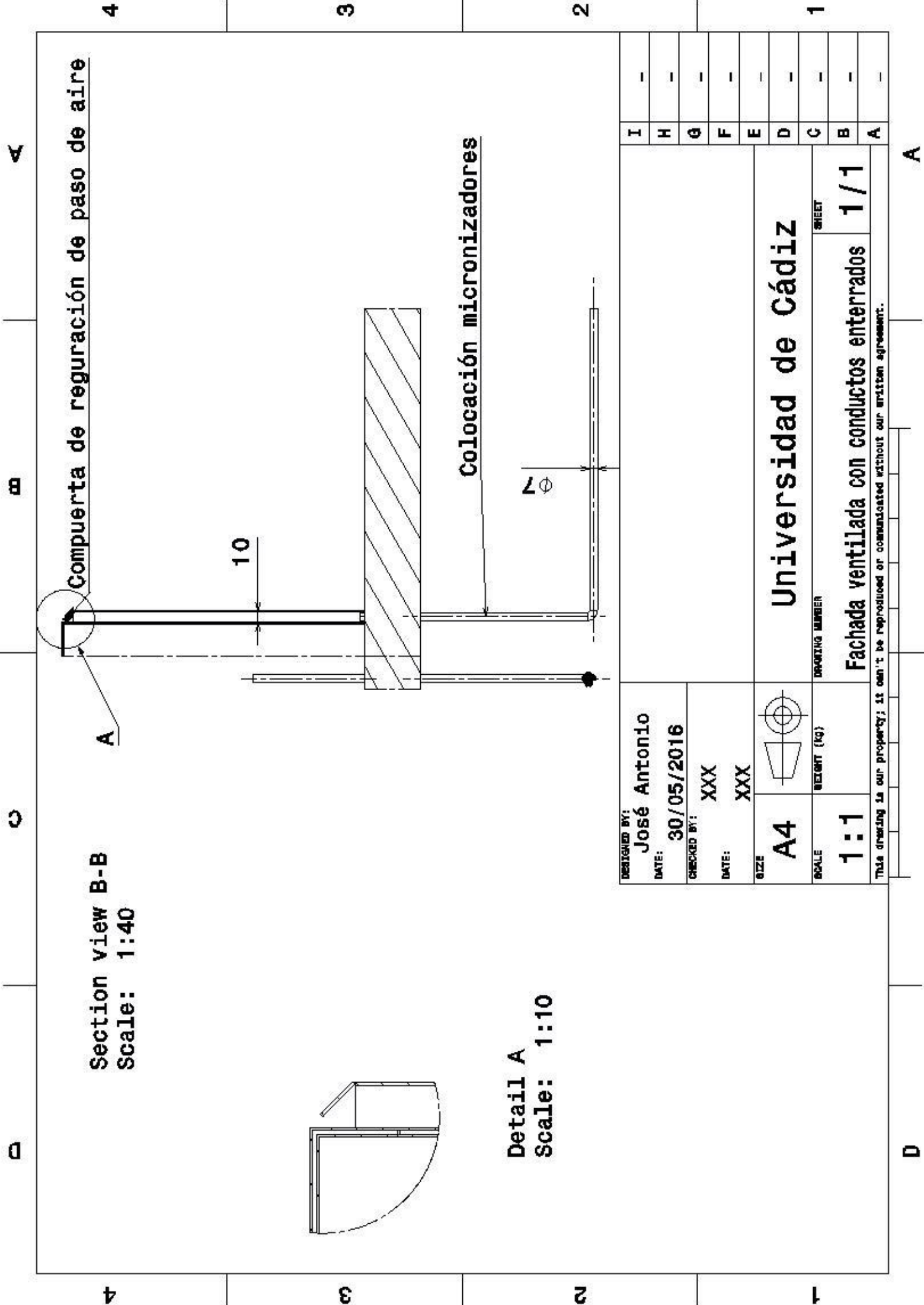
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

A

D





Compuerta de regulación de paso de aire

Section View B-B
Scale: 1:40

10

Colocación micronizadores

7

Detail A
Scale: 1:10

DESIGNED BY:
José Antonio
DATE: **30/05/2016**
CHECKED BY: **XXX**
DATE: **XXX**

SIZE
A4
REVISION (kg)

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
FACHADA VENTILADA CON CONDUCTOS ENTERRADOS
SHEET
1/1

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

A

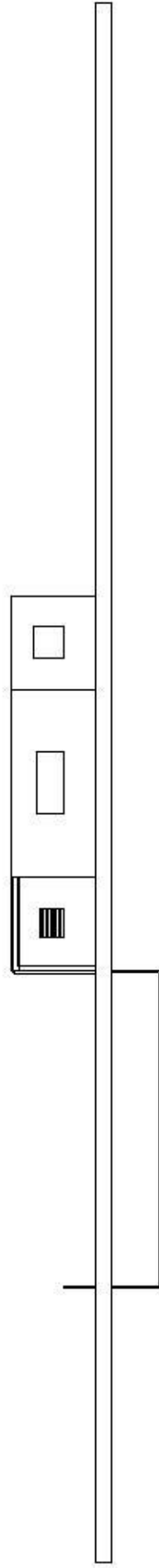
B

C

D

4

4

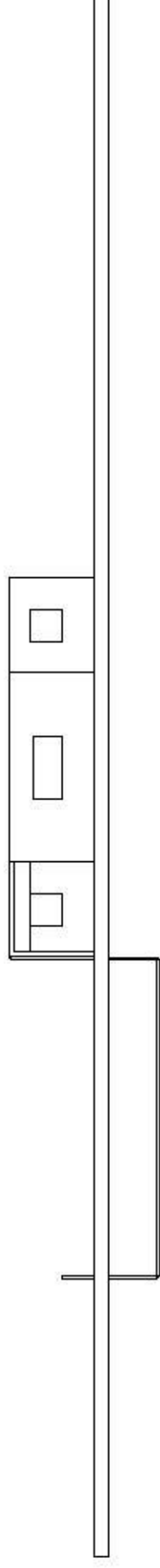


Front view
Scale: 1:20

Persiana fachada sur derecha hechada

3

3



Front view
Scale: 1:20

Persiana derecha fachada sur en proceso de recogida

2

2

DESIGNED BY:
José Antonio
DATE: **01/06/2016**
CHECKED BY: **XXX**
DATE: **XXX**

SIZE
A4
SCALE
1:1



WEIGHT (KG)
1:1

Universidad de Cádiz

DRAWING NUMBER
Módulo de alojamiento con persiana derecha
SHEET
1/1

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

1

1

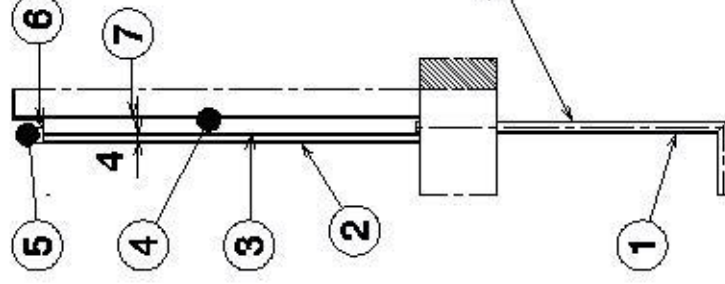
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D


A

- 1 Conducto enterrado
- 2 Pesiana hechada
- 3 Vidrio muro Trombe
- 4 Cámara paso aire
- 5 Mecanismo para recoger persiana
- 6 Compuerta apertura fachada ventilada
- 7 Muro interior módulo

Section view B-B
Scale: 1:5



Colocación de los micronizadores

DESIGNED BY: José Antonio			
DATE: 31/05/2016			
CHECKED BY: XXX			
DATE: XXX			
SIZE A4		WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER
SCALE 1:1			Fachada ventilada creada por persiana
			1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

A



A _____

B _____

C _____

D _____



A _____

B _____

C _____

D _____



A _____

B _____

C _____

D _____



A _____

B _____

C _____

D _____



A _____

B _____

C _____

D _____



A _____

B _____

C _____

D _____

A _____

B _____

C _____

D _____

A _____

B _____

C _____

D _____

A _____

B _____

C _____

D _____

A _____

B _____

C _____

D _____

A _____

B _____

C _____

D _____

DOCUMENTO Nº 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Nota: Al tratarse de un proyecto de investigación llevada a cabo para un Trabajo Fin de Grado, prescinde del documento “*Pliego de Condiciones*”.

DOCUMENTO Nº5: PRESUPUESTO

Todos los precios de estos documentos han sido sacados de las Bases de costes de la construcción de Andalucía⁴⁰, excepto los precios de los elementos que tienen sus fichas técnicas en el documento Anexos, los cuales han sido obtenidos de estas empresas, aun así como se menciona en ese mismo documento, estos elementos pueden ser sustituidos por elementos de similares características, y no tienen por qué ser de esta misma marca.

Tabla 5.1. Presupuesto muro solar.

MURO SOLAR	Altura[m]	Anchura[m]	Pared [m2]
Dimensiones pared tomada	1.6	2	3.2
PARED		Precio desglosado	
Poliuretano proyectado[€/m3]	113.75	18.2	
Oficial colocador[€/h]	19.23	6.1536	
Peón especial[€/h]	18.28	5.8496	
Compresor para proyectar[€/h]	2.67	0.8544	
	Costes directos	31.0576	
Costes indirectos 10.62%	3.29831712		
	Total	34.35591712	
VIDRIO	Precio por hora	Horas trabajo	Precio
Ayudante	18.42	1.5	27.63
Oficial de 1ª cristalero	19.23	0.7	13.461
Oficial de 1ª cerrajero chapista	19.23	0.7	13.461
Material complementario o piezas especiales			4.86
		Costes directos	59.412
Costes indirectos 10.62%	6.2739072		
		Total	65.6859072
PRESUPUESTO TOTAL	Precio [€/m2]	Precio total	
Vidrio simple	37.5	220.0418243	
Vidrio doble	58.5	287.2418243	
Vidrio doble bajo emisivo	85.7	374.2818243	

Tabla 5.2. Presupuesto Muro Trombe.

MURO TROMBE	Altura[m]	Anchura[m]	Pared [m2]
Dimensiones pared tomada	2.5	4	10
PARED		Precio desglosado	
Poliuretano proyectado[€/m3]	113.75	56.875	
Oficial colocador[€/h]	19.23	19.23	
Peón especial[€/h]	18.28	18.28	
Compresor para proyectar[€/h]	2.67	2.67	
	Costes directos	97.055	
Costes indirectos 10.62%	10.307241		
	Total	107.362241	
VIDRIO	Precio por hora	Horas trabajo	Precio
Ayudante	18.42	1.5	27.63
Oficial de 1ª cristalero	19.23	0.7	13.461
Oficial de 1ª cerrajero chapista	19.23	0.7	13.461
Material complementario o piezas especiales			4.86
		Costes directos	59.412
Costes indirectos 10.62%	6.2739072		
		Total	65.6859072
PRESUPUESTO TOTAL	Precio [€/m2]	Precio total	
Vidrio simple	37.5	548.0481482	
Vidrio doble	58.5	758.0481482	
Vidrio doble bajo emisivo	85.7	1030.048148	

Tabla 5.3. Presupuesto fachada ventilada.

FACHADA VENTILADA	Altura[m]	Anchura[m]	Pared [m2]
Dimensiones pared tomada	2.7	12	32.4
PARED	Precio desglosado		
Poliuretano proyectado[€/m3]	113.75	184.275	
Oficial colocador[€/h]	19.23	62.3052	
Peón especial[€/h]	18.28	59.2272	
Compresor para proyectar[€/h]	2.67	8.6508	
	Costes directos	314.4582	
Costes indirectos 10.62%	33.39546084		
	Total	347.8536608	
FACHADA	Precio por hora/unidad	Horas trabajo/unidades	Precio
Ayudante[€/h]	18.42	19.44	358.0848
Oficial de 1ª cerrajero chapista[€/h]	19.23	19.44	373.8312
Placa de corcho comprimido[€/m2]	8.2	32.4	40.6
Placa fibrocemento plana[€/m2]	14.82	32.4	480.168
Perfil omega galvanizado[€/m2]	4.75	32.4	4.75
Escuadra nivelación [€/u]	1	129.6	129.6
Pequeño material[€/u]	0.3	97.2	29.16
Material complementario o piezas especiales[€/u]	0.55	162	89.1
	Costes directos		1505.294
Costes indirectos 10.62%	158.9590464		
	Total		1664.253046
			PRESUPUESTO TOTAL
			2012.106707

Tabla 5.3. Presupuesto conductos enterrados.

CONDUCTOS ENTERRADOS	Cantidad	Precio unitario	Precio total [€]
Conductos aire comprimido 60 mm diámetro 23.5x50m	504m	0.47€/m	255.20 €
Conductos pvc 270 mm diámetro (1.5€/m)	40m	1.5€/m	60.00 €
Rejillas aluminio	4 unidades	1.77€/unid	7.08 €
Mano de obra	40	7.4€/h	296.00 €
Excavadora	6h	46€/h	276.00 €
Ventilador	2 unidades	160€/unidad	320.00 €
Compuertas control paso aire	2 unidades	32€/unidad	64.00 €
Central control ventilación apertura	2 unidades	207.17€/unidad	414.34 €
Mano obra oficial instalador central	4h	19.23€/h	76.92 €
			1,769.54 €

Tabla 5.4. Presupuesto accesorios de las combinaciones.

ACCESORIOS COMBINACIONES	Cantidad	Precio unitario	Precio total [€]
Persiana para crear fachada ventilada m ²	15	43.56	653.4
Kit micronización	1	629.95	629.95
Compuertas fachadas ventiladas frontales Dim 1x0.1m ²	4	92.95	371.8
Compuertas fachadas ventiladas laterales Dim 6x0.1m ²	2	130	260

El presupuesto final, es decir el coste de la implementación de todas las medidas pasivas en el módulo de alojamiento, suponen 6110.29€, siendo 1045.29€ el coste de las medidas pasivas de calefacción, y los 5065€ restantes los referentes a refrigeración.

Un dato importante a tener en cuenta es que esta inversión es única y que el mantenimiento de estos sistemas es mínimo además su consumo de energía eléctrica es muy reducido, ya que solo tienen que moverse los ventiladores y los servomotores para abrir y cerrar las compuertas y también alimentar el control de los sistemas. Esto puede suponer en total unos 80 - 140W, mientras que un sistema convencional de acondicionamiento térmico para un espacio como el tratado puede consumir entre unos 1500 y 1900W.

Como apunte final, y desde la opinión personal, añadir que los sistemas de calefacción sí que proporcionan resultados a un coste más que razonable para el edificio y la zona en la que se encuentra este, sin embargo las medidas de refrigeración, aunque pueden proporcionar un enorme ahorro energético su coste es elevado y este hecho, es siempre un impedimento, por lo tanto en una futura materialización del proyecto y tras el análisis económico, la parte de refrigeración se vería seriamente reducida o incluso excluida mientras que la parte correspondiente a calefacción sería instalada.

NORMAS, REFERENCIAS Y PROGRAMAS INFORMÁTICOS

¹ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), “Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático”). LA CAPTACIÓN Y EL ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO. 2005 < /http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/IPCC%20Sp.pdf/ > Consultado Abril 2015.

² IEA (International Energy Agency, “Agencia Internacional de Energía”)Tema, eficiencia energética.</ <http://www.iea.org/topics/energyefficiency/> > Consultado Abril 2015.

³ IEA (International Energy Agency, “Agencia Internacional de Energía”)Tema, tecnologías de energía limpia.< <http://www.iea.org/topics/cleanenergytechnologies/> > Consultado Abril 2015.

⁴ IEA (International Energy Agency, “Agencia Internacional de Energía” Tema, La seguridad energética </<http://www.iea.org/topics/energysecurity/subtopics/whatisenergysecurity/> > Consultado Mayo 2015.

⁵ IEA (International Energy Agency, “Agencia Internacional de Energía”) Tema, tecnologías de energía limpia. .< /<http://www.iea.org/topics/cleanenergytechnologies/>>. Consultado Mayo 2015.

⁶ UN Climate Change Newsrom< /unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf/ > Consultado Mayo 2015.

⁷ Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente, Gobierno de España</<http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/> > Consultado Abril 2015.

⁸ World Nuclear Association /Information Library/ Current and future generation/ </<http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/World-Energy-Needs-and-Nuclear-Power/> > Consultado Abril 2015.

⁹ World Energy Outlook 2014 (Resumen ejecutivo) </http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO_2014_ES_English_WEB.pdf/ > Consultado Abril 2015

¹⁰ IDAE(Instituto para la diversificación y Ahorro de Energía),Ministerio de industria, energía y turismo, ministerio de España </<http://www.idae.es/index.php/idpag.23/recategoria.1030/reلمenu.344/mod.pags/mem.de.talle/> > Consultado Abril 2015

¹¹ Libro de la energía de España 2013 </<http://www.minetur.gob.es/energia/balances/Balances/Paginas/Balances.aspx/> > Consultado Abril 2015

-
- ¹² Documentos balances Minetur Idea
</<http://www.minetur.gob.es/energia/balances/Balances/Paginas/CoyunturaTrimestral.aspx/>> Consultado Abril 2015
- ¹³ Informe anual de consumos energéticos. Unidades comerciales año 2013. Informe análisis del consumo residencial (SPAHOUSEC).
</http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_informe_spahousec_acc_f68291a3.pdf> Consultado Abril 2015
- ¹⁴ Proyecto Fin de Carrera José Sánchez Ramos. Universidad de Sevilla.
</<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4708/fichero/MEMORIA.pdf>> Consultado Mayo 2015
- ¹⁵ Tesis Doctoral Álvaro Ruíz. Universidad de Sevilla. Consultado Mayo 2015
- ¹⁶ EVE: Ente Vasco de la Energía, Energía Solar. Página 12. Consultado Mayo 2015.
- ¹⁷ FACHADAS VENTILADAS DECOHOGAR.</www.dhdecohogar.com/>. Consultado Mayo 2015.
- ¹⁸ COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE UNA FACHADA VENTILADA EN LA ZONA CLIMATICA DEL PAIS VASCO/ Área Térmica /Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco/Aguirrelanda 10, 01013, Vitoria-Gasteiz. Consultado Mayo 2015.
- ¹⁹ Imágenes obtenidas del LABORATORIO DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EDIFICACIÓN del gobierno vasco. Consultado Mayo 2015.
- ²⁰ Flores Larsen S. y Lesino G. (2000). Modelización de intercambiadores tierra aire para acondicionamiento térmico de edificios. Consultado Mayo 2015.
- ²¹ Gauthier C. Lacroix, M. y vernier H. (1997). Numerical simulation of soil heat exchanger-storage systems for greenhouses. Solar energy . Consultado Mayo 2015.
- ²² Hollmuller P., Lachal, B., Zraggen, J M. (2006) A new ventilation and termal storage technique for passieve cooling of buildings: termal phase-shifting PLEA- The 23rd Conference on Passive and low energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
Granados, H. (2006) Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. Eficiencia energética. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. 157 pp. Consultado Mayo 2015.
- ²³ Simulador Sihnor. Alvaro Ruíz. Universidad de Cádiz.
- ²⁴ “Base de costes de la construcción en Andalucía”, precios unitarios Junio 2014.
</<http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/portal-web/web/areas/vivienda/texto/7a0899c8-0038-11e4-8cc4-27ee69a25823/>> Consultado Mayo 2015.
- ²⁵ Revision of the Trombe wall calculation method proposed by UNE-EN ISO 13790/Álvaro Ruiz-Pardo *, Servando Álvarez Domínguez, Juan Antonio Sanz Fernández/Escuela Superior de

Ingenieros, DIE – Grupo de Termotecnia, Universidad de Sevilla, Avda. Descubrimientos s/n, 41092 Sevilla, Spain. *Consultado Septiembre 2015.*

²⁶ </<http://www.electronicaestudio.com/sensores.htm>/> *Consultado Septiembre 2015.*

²⁷ Euroclima difusión S.A./Material de difusión, zonificación, rejillas intumescentes y clima lighting/Compuertas de regulación/ Pág. 119. *Consultado Septiembre 2015.*

²⁸ Tesis Doctoral Álvaro Ruíz. Universidad de Sevilla. *Consultado Septiembre 2015.*

²⁹ Eficiencia energética de los edificios e instalaciones: Técnicas naturales de refrigeración. Francisco José Sánchez de la Flor. *Consultado Septiembre 2015.*

³⁰ “Sustainable Lodging Unit System”/Proyecto presentado a concurso EDPR University Challenge/José Antonio Torres Diáñez y Carlos Parodi González/Universidad de Cádiz *Consultado Septiembre 2015.*

³¹ Introducción a la psicrometría/Departamento de máquinas y motores térmicos/Instalaciones de climatización/Universidad de Cádiz *Consultado Septiembre 2015. Consultado Octubre 2015.*

³² NORMA ISO 7730. *Consultado Octubre 2015.*

³³ Agencia estatal del meteorología española. *Consultado Noviembre 2015.*

³⁴ “Sustainable Lodging Unit System”/Proyecto presentado a concurso EDPR University Challenge/José Antonio Torres Diáñez y Carlos Parodi González/Universidad de Cádiz *Consultado Febrero 2015.*

³⁵ Programa “WINDOW 7.3”, Building Technologies Department, Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory.

³⁶ Manual del vidrio, Centro de información técnica de aplicaciones del vidrio CITAV, Barcelona

³⁷ CTE: Código Técnico de la Edificación Web. Propiedades de los materiales. *Consultado Abril 2015.*

³⁸ I Congreso Nacional de Aislamiento Térmico y Acústico. *Consultado Abril 2015.*

³⁹ </<http://building.dow.com/europe/es/applications/walls/caso.htm>/> *Consultado Marzo 2015.*

⁴⁰ </<http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/portal-web/web/areas/vivienda/texto/7a0899c8-0038-11e4-8cc4-27ee69a25823>/> *Consultado Abril 2015.*

Documentos electrónicos

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), “Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático”. LA CAPTACIÓN Y EL ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO. 2005 < /http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/IPCC%20Sp.pdf/ >.

IEA (International Energy Agency, “Agencia Internacional de Energía”)Tema, eficiencia energética.</ <http://www.iea.org/topics/energyefficiency/> > .

IEA (International Energy Agency, “Agencia Internacional de Energía”)Tema, tecnologías de energía limpia.< <http://www.iea.org/topics/cleanenergytechnologies/>>.

IEA (International Energy Agency, “Agencia Internacional de Energía” Tema, La seguridad energética </<http://www.iea.org/topics/energysecurity/subtopics/whatisenergysecurity/> > .

IEA (International Energy Agency, “Agencia Internacional de Energía”) Tema, tecnologías de energía limpia </<http://www.iea.org/topics/cleanenergytechnologies/>>.

UN Climate Change Newsrom< /unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf/>.

Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente, Gobierno de España</<http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/>> .

World Nuclear Association /Information Library/ Current and future generation/ </<http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/World-Energy-Needs-and-Nuclear-Power/>> .

World Energy Outlook 2014 (Resumen ejecutivo) </http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO_2014_ES_English_WEB.pdf/> .

IDAE(Instituto para la diversificación y Ahorro de Energía),Ministerio de industria, energía y turismo, ministerio de España </<http://www.idae.es/index.php/idpag.23/relcategoria.1030/reلمenu.344/mod.pags/mem.de.talle/>> .

Libro de la energía de España 2013 </<http://www.minetur.gob.es/energia/balances/Balances/Paginas/Balances.aspx/>> .

Documentos balances Minetur Idea <<http://www.minetur.gob.es/energia/balances/Balances/Paginas/CoyunturaTrimestral.aspx/>>

Informe anual de consumos energéticos. Unidades comerciales año 2013. Informe análisis del consumo residencial (SPAHOUSEC).

</http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_informe_spahousec_acc_f68291a3.pdf/> .

Proyecto Fin de Carrera José Sánchez Ramos. Universidad de Sevilla.

</<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4708/fichero/MEMORIA.pdf>/>.

FACHADAS VENTILADAS DECOHOGAR </www.dhdecohogar.com/>.

“Base de costes de la construcción en Andalucía”, precios unitarios Junio 2014.

</<http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/portal-web/web/areas/vivienda/texto/7a0899c8-0038-11e4-8cc4-27ee69a25823>/>.

</<http://www.electronicaestudio.com/sensores.htm>/>.

</<http://building.dow.com/europe/es/applications/walls/caso.htm>/>.

Bibliografía

Tesis Doctoral Álvaro Ruíz. Universidad de Sevilla.

EVE: Ente Vasco de la Energía, Energía Solar. Página 12.

COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE UNA FACHADA VENTILADA EN LA ZONA CLIMATICA DEL PAIS VASCO/ Área Térmica /Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco/Aguirrelanda 10, 01013, Vitoria-Gasteiz.

Imágenes obtenidas del LABORATORIO DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EDIFICACIÓN del gobierno vasco.

Flores Larsen S. y Lesino G. (2000). Modelización de intercambiadores tierra aire para acondicionamiento térmico de edificios.

Gauthier C. Lacroix, M. y vernier H. (1997). Numerical simulation of soil heat exchanger-storage systems for greenhouses. Solar energy .

Hollmuller P., Lachal, B., Zraggen, J M. (2006) A new ventilation and thermal storage technique for passive cooling of buildings: thermal phase-shifting PLEA- The 23rd Conference on Passive and low energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.

Granados, H. (2006) Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. Eficiencia energética. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. 157 pp.

Revision of the Trombe wall calculation method proposed by UNE-EN ISO 13790/Álvaro Ruiz-Pardo *, Servando Álvarez Domínguez, Juan Antonio Sanz Fernández/Escuela Superior de Ingenieros, DIE – Grupo de Termotecnia, Universidad de Sevilla, Avda. Descubrimientos s/n, 41092 Sevilla, Spain.

Euroclima difusión S.A./Material de difusión, zonificación, rejillas intumescentes y clima lighting/Compuertas de regulación/ Catálogo/Pág. 119.

Tesis Doctoral Álvaro Ruíz. Universidad de Sevilla.

Eficiencia energética de los edificios e instalaciones: Técnicas naturales de refrigeración. Francisco José Sánchez de la Flor.

“Sustainable Lodging Unit System”/Proyecto presentado a concurso EDPR University Challenge/José Antonio Torres Diáñez y Carlos Parodi González/Universidad de Cádiz .

Introducción a la psicrometría/Departamento de máquinas y motores térmicos/Instalaciones de climatización/Universidad de Cádiz.

NORMA ISO 7730.

Agencia estatal del meteorología española.

"Sustainable Lodging Unit System"/Proyecto presentado a concurso EDPR University Challenge/José Antonio Torres Diáñez y Carlos Parodi González/Universidad de Cádiz.

Manual del vidrio, Centro de información técnica de aplicaciones del vidrio CITAV, Barcelona
CTE: Código Técnico de la Edificación Web. Propiedades de los materiales.

I Congreso Nacional de Aislamiento Térmico y Acústico.

Programas

Simulador Sihnor. Alvaro Ruíz. Universidad de Cádiz.

Programa "WINDOW 7.3", Building Technologies Department, Environmental Energy
Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory.

Microsoft PowerPoint

Microsoft Word

Microsoft Excel

Autodesk/Catia V5R20

Adobe Reader XI

Universidad politécnica de Valencia/Psicrométrico

Calener

Inkscape